FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

Année 1953

N° 787

THÈSE

pour le doctorat en Médecine

(Diplôme d'État)

par

GUENOT Jean

né le 30 Janvier 1925

à Dijon (Cote d'Or)

Présentée et soutenue publiquement le .....

TITRE

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DE L'ANESTHÉSIE LOCALE PAR LES IMPULSIONS RECTANGULAIRES DE BASSE FRÉQUENCE

Président :

M. le Professeur A. STROHL

1953

FACULTE DE MEDECINE DE PARIS

Nom du candidat : GUENOT

Prénoms : Jean,Georges,François

Date de la soutenance :

Numéro d'ordre :

1

GUENOT (Jean)
Contribution à l'étude de l'anesthésie locale par les impulsions rectangulaires de basse fréquence
Paris,Ed.A.G.E.M.P.1953
in 4°,50p.,24pl.et fig. + 7 pl.et fig.H.T.
(Th.Méd.(Et.)Paris 1953
n°)

2

GUENOT (Jean)
Contribution à l'étude de l'anesthésie locale par les impulsions rectangulaires de basse fréquence
Paris,Ed.A.G.E.M.P.1953
in 4°,50p.,24pl.et fig. + 7 pl.et fig. H.T.
(Th.Méd.(Et.)Paris 1953
N°)

3

GUENOT (Jean)
Contribution à l'étude de l'anesthésie locale par les impulsions rectangulaires de basse fréquence
Paris,Ed.A.G.E.M.P.1953
in 4°,50p.,24 pl.et fig. + 7 pl. et fig. H.T.
(Th.Méd.(Et.)Paris 1953
n°)

4

GUENOT (Jean)
Contribution à l'étude de l'anesthésie locale par les impulsions rectangulaires de basse fréquence
Paris,Ed.A.G.E.M.P.1953
in 4°,50p.,24 pl.et fig. + 7 pl.et fig. H.T.
(Th.Méd.(Et.)Paris 1953
n°)

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41552427_0033

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

Année 1953 N° .....

THÈSE

pour le doctorat en Médecine

(Diplôme d'État)

par

GUENOT Jean

né le 30 Janvier 1925

à Dijon (Cote d'Or)

Présentée et soutenue publiquement le .....

TITRE

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DE L'ANESTHÉSIE LOCALE PAR LES IMPULSIONS RECTANGULAIRES DE BASSE FRÉQUENCE

Président :

M. le Professeur A. STROHL

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

DOYEN HONORAIRE :

M.Baudoin

PROFESSEURS HONORAIRES :

MM.Baudoin,Brindeau,Carnot,Chevassu,Chiray,Clerc,Delbet, Gougerot (H),Guillain,Harvier,Laignel-Lavastine,Laubry,Lemaître, Lemierre,Lhermitte,Lian,Loeper,Marion,Mathieu,Mocquot,Mulon, Olivier,Ombrédanne,Sannié,Sébileau,Sézary,Tanon.

DOYEN.....Léon BINET,Membre de l'Institut

ASSESSEUR.....Jean VERNE

I.- PROFESSEURS

		MM.
Anatomie		CORDIER.(G.)
Anatomie pathologique		DELARUE.(A.)
Bactériologie		GASTINEL.(P.)
Biologie appliquée à l'Education physique et aux Sports		CHAILLEY-BERT.(P.)
Biologie médicale		VERNE.(J.)
Cancérologie médicale et sociale		HUGUENIN.(R.)
Carcinologie		OBERLING.(C.)
Chimie médicale		POLONOVSKI.(M.)
Cliniques chirurgicales	Hôtel-Dieu	BROCQ.(P.)
	Saint-Antoine	CADENAT.(F.)
	Salpêtrière	MONDOR.(H.)
	Cochin	QUENU.(J.)
Clinique chirurgicale réparatrice et orthopédique		MERLE D'AUBIGNE.(R.)
Clinique de cardiologie		DONZELOT.(E.)
Clinique de chirurgie infantile et d'orthopédie		FEVRE.(M.)
Clinique de chirurgie pleuro-pulmonaire		MONOD.(R.)
Clinique de la tuberculose		BERNARD.(E.)
Clinique de neuro-chirurgie		PETIT-DUTAILLIS.(D)
Clinique de puériculture		LELONG.(M.)
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques		DEGOS.(R.)
Clinique des maladies du sang		CHEVALLIER.(P.)
Clinique des maladies du système nerveux		ALAJOUANINE.(T.)
Clinique des maladies des enfants		DEBRE.(R.)
Clinique des maladies infectieuses		MOLLARET.(P.)
Clinique des maladies mentales et de l'encéphale		DELAY.(J.)
Clinique gynécologique		FUNCK-BRENTANO.(P.)
Cliniques médicales	Hôtel-Dieu	BENARD.(H.)
	Bichat	LAROCHE.(G.)
	Cochin	MOREAU.(R.)
	Pitié	LEMAIRE.(A.)

MM.

Clinique médicale d'hydro-climatologie thérapeutique.....JUSTIN-BESANCON.(L.)
Clinique médicale propédeutique.....PASTEUR-VALLERY-RADOT.(L.)
Cliniques obstétricales...(Tarnier.....LANTUEJOUL.(P.)
(Baudelocque.....LEVY-SOLAL.(E.)
(Port-Royal.....LACOMME.(M.)
Clinique ophtalmologique.....VELTER.(E.)
Clinique oto-rhino-laryngologique.....AUBIN.(A.)
Clinique physio-pathologique des problèmes alimentaires(chaire à titre personnel)..RICHET.(C.)
Clinique psychiatrique infantile.....HEUYER.(C.)
Clinique rhumatologique.....COSTE.(F.)
Clinique stomatologique.....DECHAUME.(M.)
Clinique thérapeutique chirurgicale.....SENEQUE.(J.)
Clinique thérapeutique médicale.....CHABROL.
Clinique urologique.....FEY.(B.)
Embryologie.....GIROUD.(A.)
Génétique.....LAMY.(M.)
Histoire de la médecine et de la chirurgie..MOUQUIN.(M.)
Histologie.....CHAMPY.(C.)
Hygiène et clinique de la première enfance..CATHALA.(J.)
Hygiène et médecine préventive.....JOANNON.(C.)
Médecine du travail.....DESOILLE.(H.)
Médecine légale.....PIEDELIEVRE.(R.)
Parasitologie et histoire naturelle médicale.....GAILLIARD.(H.)
Pathologie chirurgicale.....DE GAUDARD D'ALLAINES.(F.)
Pathologie exotique.....LAVIER.(G.)
Pathologie expérimentale et comparée.....LENEGRE.(J.)
Pathologie médicale.....BARIETY.(M.)
Pathologie et thérapeutiques générales.....DE GENNES.(L.)
Pharmacologie et matière médicale.....HAZARD.(R.)
Physico-chimie médicale(chaire à titre personnel).....DOGNON.(A.)
Physiologie.....BINET.(L.)
Physique médicale.....STROHL.(A.)
Radiologie médicale.....DESGREZ.(H.)
Technique chirurgicale.....MOULONGUET.(P.)
Thérapeutique.....TURPIN.(R.)

II.- PROFESSEURS SANS CHAIRE

MAITRE DE CONFERENCES-AGREGES ET AGREGES

Anatomie..... DEBEYRE.(J.)
DELMAS.(A.)

Anatomie pathologique..... GAUTHIER-VILLARS (Melle P.)Pr.s.ch.
BUSSER.(F.)

Bactériologie	FASQUELLE.(R.) NEVOT.(A.)
Biologie médicale	BOURLIERE.(F.) SETTORI.(J)Pr.s.ch.
Chimie médicale	JAYLE.(M.F.)Pr.s.ch. SCHAPIRA.(G.)
Dermato-syphiligraphie	N...
Histologie	DESCLAUX.(P.) BULLIARD(H) Pr.s.ch. COUJARD.(R.)
Hydrologie	DEBRAY.(C.)
Hygiène	BOYER DEPARIS.(M.)
Médecine légale	DEROBERT.(L.) GAULTIER.(M.)
Neuro-chirurgie	N...
Neurologie	SEZE.(S.de) GRASSET.(J.)
Obstétrique	LEPAGE.(F.) MAYER.(M.) MERGER.(R.) RAVINA.(J.) VARANGOT.(J.)
Ophtalmologie	OFFRET.(G.) DESVIGNES.(P.)
Oto-rhino-laryngologie	HALPHEN.(E)Pr.s.ch. MADURO.(R.)
Parasitologie	BRUMPT.(L.)
Parasitologie coloniale	ff CHABAUD.
Pathologie chirurgicale	ABOULKER.(P.) BAUMANN.(J.) GOSSET.(J.) HUGUIER.(J) LAURENCE.(G.) LEGER.(L.) OLIVIER.(Cl.) PADOVANI.(P.)
Pathologie chirurgicale	POILLEUX.(M.) ROUX.(M.) RUDLER.(J.-C.) VERNE.(J.-M.)
Pathologie expérimentale	MERKLEN.(P.)

MM.

Pathologie médicale.....	BERNARD.(J.) BOUDIN.(G.) CASTAIGNE.(P.) CONTE.(M.) DECOURT.(J.) DOMART.(A.) DREYFUS.(Gilbert) FAUVERT.(R.) HAMBURGER.(J.) KOURILSKY.(R.) MILLIEZ.(P.) PERRAULT.(M.) RAMBERT.(P.) THIEFFRY.(St.) TURIAF.(J.) N... N... N...
Pédiatrie.....	LAPLANE.(R.) MARIE.(J.)
Pharmacologie.....	LEVY.(Melle J.)Pr.s.ch. CHEYMOL/(J.H.)Pr.s.ch.
Physiologie.....	BARGETON.(D.)Pr.s.ch. PARROT.(J.L.)
Physique médicale.....	DJOURNO.(A.) GOUGEROT.(L.)
Psychiatrie.....	BARUK.(H.)
Psychiatrie infantile.....	MICHAUX.(L.)
Stomatologie.....	CHAPUT.(Mme A.)
Thérapeutique.....	PERRAULT. chargé de l'enseignement
Urologie.....	KUSS.(R.)

III- PROFESSEURS HONORAIRES ET AGREGES

RAPPELES A L'EXERCICE

pour le service des examens

MM. BRINDEAU.(A.) (Obstétrique), GATELLIER.(J.) (Clinique chirurgicale), LE LORRIER.(V.) (Obstétrique), VAUDESCAL.(R.)(Obstétrique).

IV- PROFESSEURS SANS CHAIRE ET AGREGES

CHARGES DE COURS DE CLINIQUE ANNEXE

à titre permanent

	MM.
Clinique chirurgicale.....	AMELINE.(A.) MENEGAUX.(G.) PATEL.(J.) SICARD.(A.)
Clinique médicale.....	BOULIN.(R.) BROUET.(G.) CACHERA.(R.) GARCIN.(J.) HAGUENAU.(M.) MARCHAL.(G.) SOULIE.(E.)
Clinique obstétricale.....	DIGONNET.(L.) EGALLE.(G.)
Clinique ophtalmologique.....	RENART.(G.)
Clinique urologique.....	COUVELAIRE.(R.)

	MM.
Secrétaire de la Faculté.....	MOREL.(J.)
Secrétaire-adjoint.....	Melle CHANTREUIL(G.)

Conservateur.....Docteur HAHN.(A.)
Bibliothécaires.....M.DOUAN.(G.), Melles DUMAITRE.(P.)
GOICHON.(A-M.), LE NOIR.(G.), METIN.(F.)

Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'Ecole a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.

A MA GRAND-MERE

A MES PARENTS

auxquels il m'est impossible d'exprimer en quelques mots tout mon amour filial et ma reconnaissance pour les durs sacrifices qu'ils se sont imposés.

A MA FEMME

dont l'aide et l'affection ont soutenu mon effort.

A MES BEAUX-PARENTS

A MON COUSIN

le Dr.Vétérinaire Perrin,qui m'a très obligeamment communiqué les résultats de ses travaux sur l'animal.

A TOUS LES MIENS

A MONSIEUR LE PROFESSEUR STROHL

Professeur de Physique médicale à la Faculté de Médecine de Paris

Membre de l'Académie nationale de Médecine

Officier de la Légion d'Honneur

---

qui nous a fait le très grand honneur d'accepter la présidence de notre Thèse.

Notre profonde gratitude et notre plus respectueux hommage.

A MONSIEUR LE DOCTEUR DJOURNO

Professeur agrégé

Directeur des Travaux Pratiques de Physique médicale

à la Faculté de Médecine de Paris

---

dont l'aide et les conseils judicieux ont été pour nous un puissant soutien dans l'élaboration de ce modeste travail.

Qu'il trouve ici l'assurance de notre profonde reconnaissance.

A MONSIEUR LE PROFESSEUR DESGREZ

Professeur de Radiologie médicale

à la Faculté de Médecine de Paris

---

respectueux hommages.

A Monsieur le Docteur FOUBERT

Chef du Service Central d'Electro-Radiologie de l'Hôpital Broussais.

A Monsieur le Docteur MAY

Electro-Radiologiste des Hôpitaux de Paris

---

qui nous ont toujours témoigné une grande bienveillance et nous ont encouragé dans notre étude.

A tous nos maitres de Stage
:-:-:-:-:-:-:-:-:-:-:-:-:-:-:

A Montpellier : MM. les Professeurs : RIMBAUT
LAPEYRE
GIRAUD
MOURGUES-MOLLINES

A Paris : MM. le Professeur DEBRE
le Professeur agrégé DECOURT
le Docteur Raymond BERNARD

le Professeur MOLLARET
le Professeur GOUGEROT
le Professeur agrégé LEPAGE
le Professeur ALAJOUANINE

le Professeur AUBIN
le Docteur SERINGE

A tous nos maîtres.

A MONSIEUR LE PROFESSEUR MATHIAS

Doyen de la Faculté des Sciences de Montpellier

A l'Ecole Centrale de T.S.F. et d'Electronique

---

qui nous a permis de réaliser notre appareil

A Monsieur POIROT - Directeur -

A Monsieur LAURIER - Secrétaire général -

notre respectueuse gratitude

A Monsieur LAFARGUE, Ingénieur en Chef des Laboratoires de l'Ecole

qui a mis tout son matériel à notre disposition et ne nous a pas ménagé son aide et ses conseils.

notre reconnaissance émue

A Monsieur LEBOUCHARD, Elève Ingénieur

qui a contribué à la construction et à la mise au point de notre appareil.

nos remerciements et
notre plus amical souvenir

A toutes les personnes qui se sont volontairement prêtées à nos expériences.

nos remerciements les plus sincères

A V A N T - P R O P O S

:-:-:-:-:-:-:-:-:-:-:-:-:-:-:

Depuis bien longtemps déjà,les effets sédatifs et analgésiques locaux de la plupart des courants rythmés ont été remarqués.

En 1902,Stéphane Leduc,Professeur à Nantes,provoque,dans le territoire du nerf médian avec un courant intermittent à basse tension et de faible intensité : "une forte sensation de "fourmillement non douloureux,une anesthésie complète et absolu "de la région innervée par le nerf " (12-13)

Vingt ans après,un auteur étranger,Neegaard,(17) reprend la question,mais elle tombe de nouveau dans l'oubli.

En 1943,à l'Ecole Vétérinaire de Lyon,D.Perrin (18) refai des expériences sur le lapin,et il conclut que l' "on peut avec "ces mêmes courants,obtenir une anesthésie locale ou régionale, "avec inhibition sensitive et motrice complète de la région in- "téressée. "

Par ailleurs,d'innombrables expériences ont été réalisées par d'éutres auteurs sur d'autres formes de courants.

En 1933,Thompson,(23-24) à l'étranger,constate que des courants sinusoïdaux à faible intensité,placés sur les trajets des nerfs,donnent une anesthésie progressive.

Il y a perte : - de la sensibilité tactile,puis,
- de la sensibilité à la pression,puis,
- de celle à la douleur alors que,

la chaleur et le froid sont toujours bien perçus.

La même année,en France,P.Bernard,(1-4) observe avec des courants modulés de basse fréquence,tout d'abord :

- un effet dynamique,puis,
- un effet inhibiteur,puis avec le temps,
- une perte de l'effet inhibiteur,contre laquelle il lutte en changeant de fréquence.

En 1937,Le Gô (15) parle de l'action analgésique des courants monophasés à chute amortie,d'une durée de 6 à 10 millièmes de seconde et dont la fréquence varie de 100 à 170 par seconde.

En 1943,Prèsle,(19) à Strasbourg et

en 1950,Probst,(20) en Suisse,estiment que certains courants électriques à basse fréquence dits courants diadynamiques

ont une action analgésique certaine mais variable et que les anesthésies qu'ils produisent sont très fugaces.

Mais, tous ces auteurs se limitent à des expériences qualitatives. Ce n'est que tout récemment, -en 1951-, à Lausanne, que C.Wild, (26) à l'aide d'un appareil de son invention, se livre à des mesures précises et comparatives de l'action analgésique de douze courants sinusoïdaux purs ou redressés.

Il s'efforce d'évaluer avec précision sur 10 sujets, toujours les mêmes, la pression limite qui fait apparaitre, sur la même unité de surface (1mm2), la sensation de douleur, à la paume de la main, dans le territoire du nerf cubital.

Avec l'aide du calcul statistique, il conclut que les électrodes doivent être placées avant l'épanouissement du nerf, et que la cathode doit être la plus distale pour obtenir l'analgésie la plus complète et la plus durable. Le courant redressé par une valve biplaque, de fréquence égale à 100 par seconde serait le plus efficace.

La plupart de nos propres expériences porteront sur une seule forme de courant, constitué par des impulsions rectangulaires, de même sens, de faible intensité et de basse tension. Leur fréquence sera de 100 par seconde. Elles passeront pendant le 1/10è du temps : la durée de chacune d'elle sera donc de 1/1000è de seconde.

Nous opérerons sur 11 sujets dans le territoire de leur nerf médian, à la paume de la main. A l'inverse de C.Wild, nous leur ferons subir une pression de valeur constante (poids d'un compas mensurateur donné), appliquée à intervalles réguliers et douloureuse lorsque le courant ne passe pas. Nous étudierons les sensations éprouvées par les sujets, lorsqu'on fait croître progressivement puis décroître l'intensité.

Par l'écartement des 2 branches du compas, nous apprécierons en même temps les perturbations de la discrimination tactile.

Les résultats obtenus seront interprétés à l'aide du calcul statistique.

Nous mentionnerons en outre quelques expériences réalisées dans des conditions légèrement différentes, sur 1 ou 2 sujets seulement.

PRODUCTION DU COURANT

Comme Leduc,nous cherchons à obtenir un courant intermittent,de même sens,de basse fréquence et de faible intensité.

I:) SOURCES DE COURANT :

a) Leduc et ses élèves utilisent un générateur de courant continu,de faible résistance intérieure et permettant d'augmenter progressivement la force électro-motrice dans le circuit.Ils ont recours à une batterie d'accumulateurs dont la tension est beaucoup plus stable que celle donnée par le réseau urbain.

b) D.Perrin utilise le courant redressé par une valve biplaque.Il neutralise les variations fortuites du secteur en ajoutant à son appareil,un correcteur de voltage du genre "Survolteur-Dévolteur".

c) Avec notre propre appareil, nous utilisons aussi le courant du secteur,mais le processus de transformation est tout différent.

II:) PRODUCTION DES IMPULSIONS :

Ces impulsions ont une fréquence de :

- 150 à 200 par seconde pour Leduc,
- 100 pour Perrin et pour nous-mêmes.

Leduc et Perrin les obtiennent à l'aide d'un commutateur tournant dont le rôle est de découper le courant continu.

Nous les obtenons,pour notre part,à l'aide d'un générateur électronique d'impulsions rectangulaires.

ETUDE DE NOTRE APPAREIL

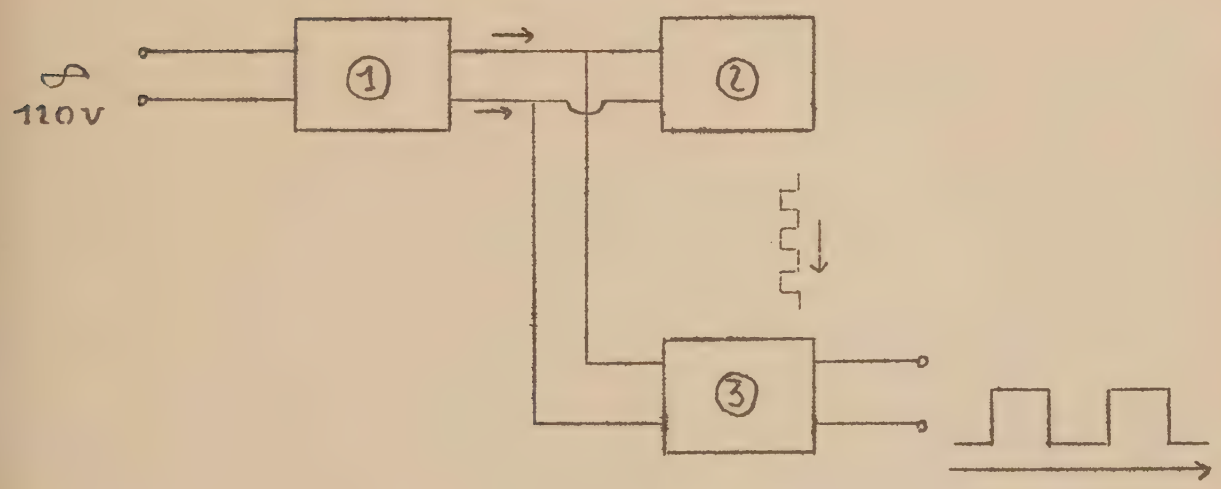
o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o

Le générateur électronique d'impulsions rectangulaires se compose schématiquement de 3 parties :

1) L'alimentation : elle reçoit le courant du secteur, le transforme, et fournit au reste de l'appareil l'énergie nécessaire à son fonctionnement.

2) Le multivibrateur : il produit des impulsions rectangulaires faibles.

3) L'amplificateur : qui amplifie ces impulsions.



1) ALIMENTATION : (Cf. Schéma d'ensemble p. 7)

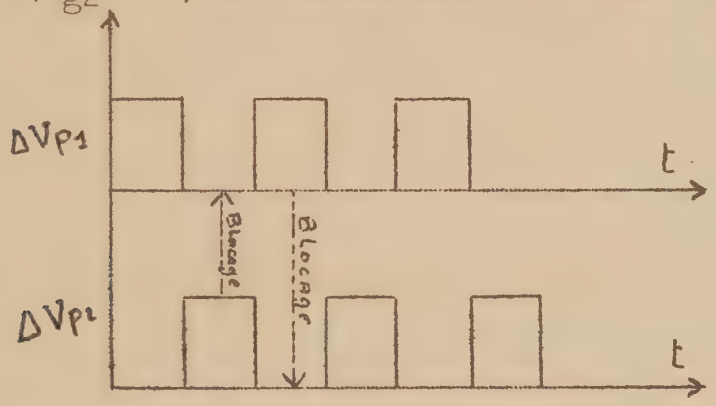
Elle comprend :-un transformateur,
-une valve biplaque type GZ 41
-une cellule de filtrage à inductance-capacité :
L = 5 Henry
C = 2 x 16 μF

Elle fournit une tension disponible de 250 V sous une intensité de 40mA.

2) MULTIVIBRATEUR :

" C'est un amplificateur à résistance-capacité, à 2 étages et à réaction totale. Ce système instable est perpétuellement à la recherche d'un état d'équilibre médian, et bascule continuellement d'un état extrême à l'état extrême opposé.

Lorsque le tube L_1 est bloqué (V_{g1} plus négatif que le cut-off), le tube L_2 est traversé par un courant plaque élevé ($V_{g2} = 0$) et inversement." -H.Mouillerac-(16)



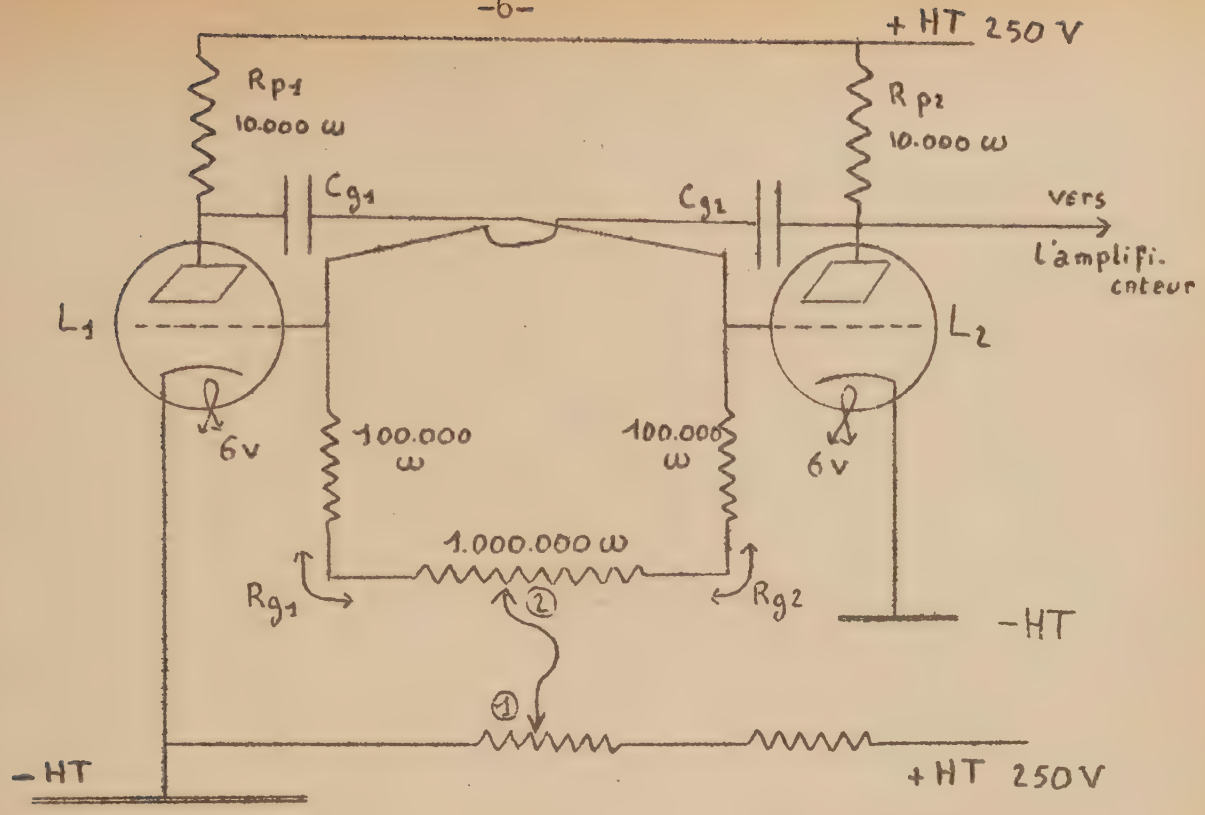
Quand L_1 débite, L_2 est au cut-off et réciproquement (le cut-off est la polarisation de grille pour laquelle le courant plaque devient nul).

Les tubes L_1 et L_2 sont contenus dans la même ampoule Il s'agit en effet, d'une double triode du type ECC.40.

Nous ne recueillons, pour les amplifier, que les impulsions fournies par le circuit plaque de L_2.
Par un montage approprié, on peut faire varier leur fréquence et la durée de leur passage par rapport au temps de repos (rapport énergétique)

α) Réglage de la fréquence :

On obtient la fréquence désirée à l'aide d'un potentiomètre (1) qui fait varier dans le même sens la polarisation des deux grilles, et par suite accélère ou ralentit - en bloc - le rythme des impulsions



3 jeux de condensateurs égaux 2 à 2 permettraient d'utiliser 3 gammes de fréquences différentes allant de 40 par seconde à 10.000 par seconde.

Nous bloquons toutefois, le commutateur sur la gamme la plus basse dont la bande s'étale entre 40 et 145 cycles par seconde.

Une fois terminé, l'appareil est étalonné à l'aide d'un oscillographe cathodique et d'un générateur basse fréquence

β) Rapport énergétique :

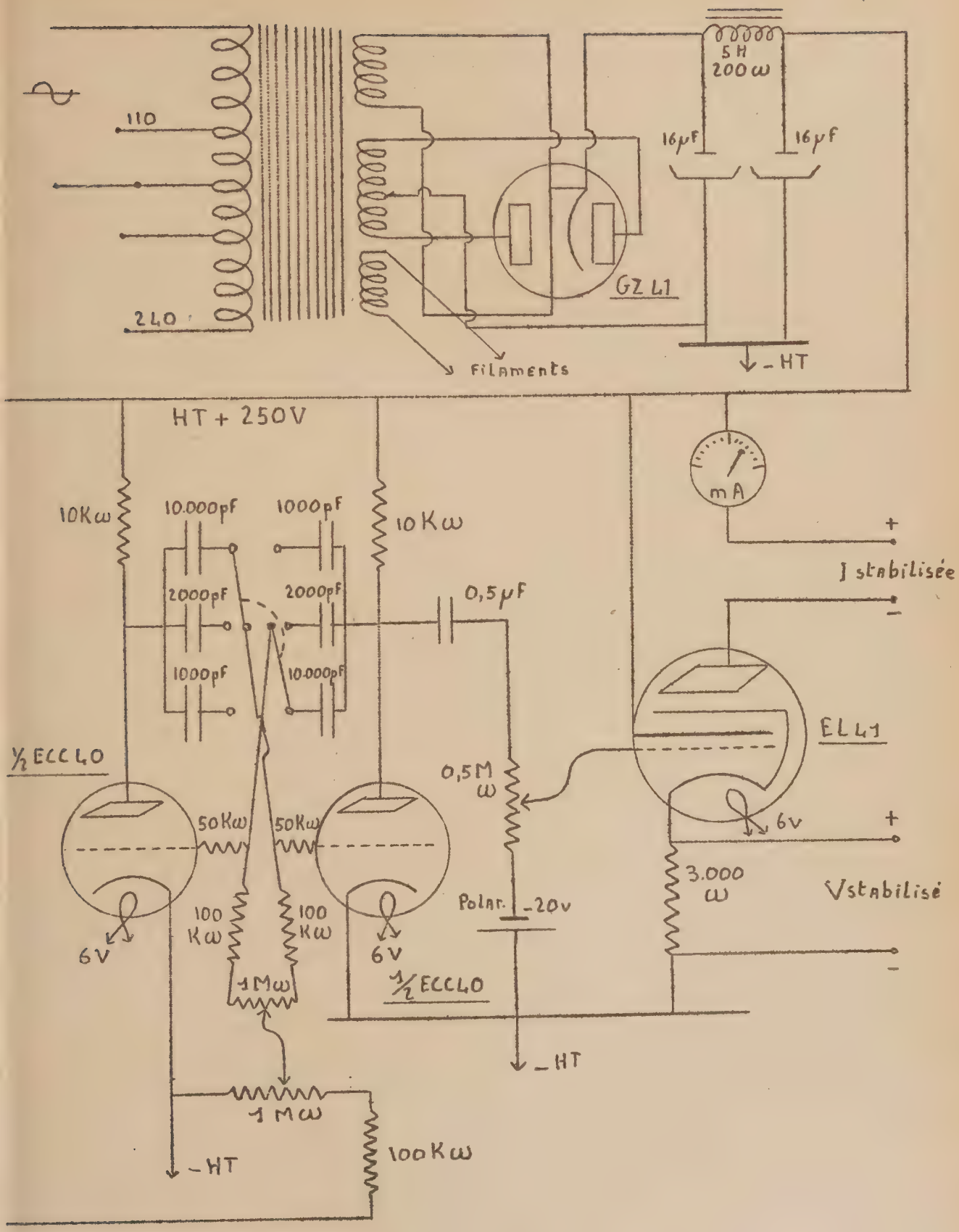
On peut agir sur lui par l'intermédiaire du potentiomètre (2) qui, de toute évidence fait varier, cette fois en sens contraire, la polarisation de chacune des deux grilles, ce qui provoque une variation en sens contraire des fréquences propres des 2 circuits. Il est évident que le plus rapide impose à l'autre un blocage court, alors que le plus lent impose au rapide un blocage long.

Le montage est symétrique par rapport au point milieu du potentiomètre (2) qui permet d'obtenir -à partir d'une seule lampe - le rapport énergétique que l'on désire.

La valeur des résistances utilisées :

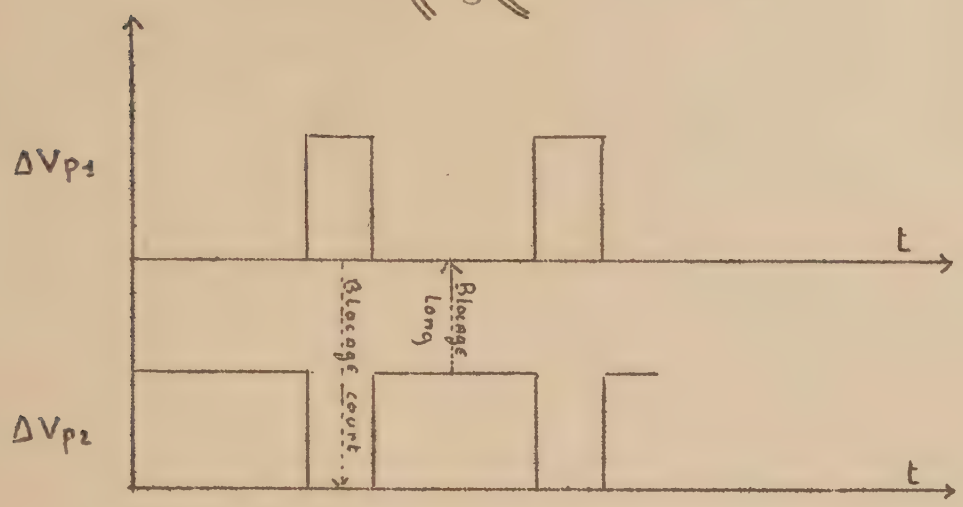
résistances fixes : 100.000 ω
potentiomètre : 1.000.000 ω

permet de faire varier le rapport dans les proportions


110
240
5 H
200 ω
16 μF
16 μF
GZ 41
Filaments
- HT
HT + 250V
10Kω
10.000pF
1000pF
10 Kω
2000pF
2000pF
1000pF
10.000pF
0,5 μF
mA
+
I stabilisée
-
EL 41
½ ECC 40
0,5M ω
50Kω
50Kω
6v
+
3.000 ω
V stabilisé
100 Kω
100 Kω
Polar. -20v
6V
6V
1 Mω
½ ECC 40
-
- HT
1 Mω
100 Kω
- HT

de 1 à 11,en effet :

$$100.000\,\omega \leqslant Rg \leqslant 1.100.000\,\omega$$



Il est important de souligner que l'action des 2 potentiomètres ci-dessus,n'est pas pure et que tout changement de fréquence entraine un changement léger de rapport énergétique et réciproquement.C'est pourquoi,nous avons étalonné l'appareil à 100 impulsions par seconde avec une durée de passage de 1/10è du temps,soient les caractéristiques du courant que nous avons le plus utilisé.Pour les courants très voisins avec lesquels nous avons aussi travaillé,l'erreur est infime.

3) AMPLIFICATION :

Les impulsions obtenues sont dotées d'une très faible énergie,aussi faut-il les amplifier en puissance.On utilise à ce propos une pentode de puissance du type EL 41.Elle peut débiter 36mA à régime permanent sous une tension de 250 V. Sa résistance interne est $\rho = 50.000\,\omega$

Pour une transmission correcte des signaux à basse fréquence,on a choisi une constante de temps :

$\theta_3 = R_3 \times C_3$ la plus grande possible.

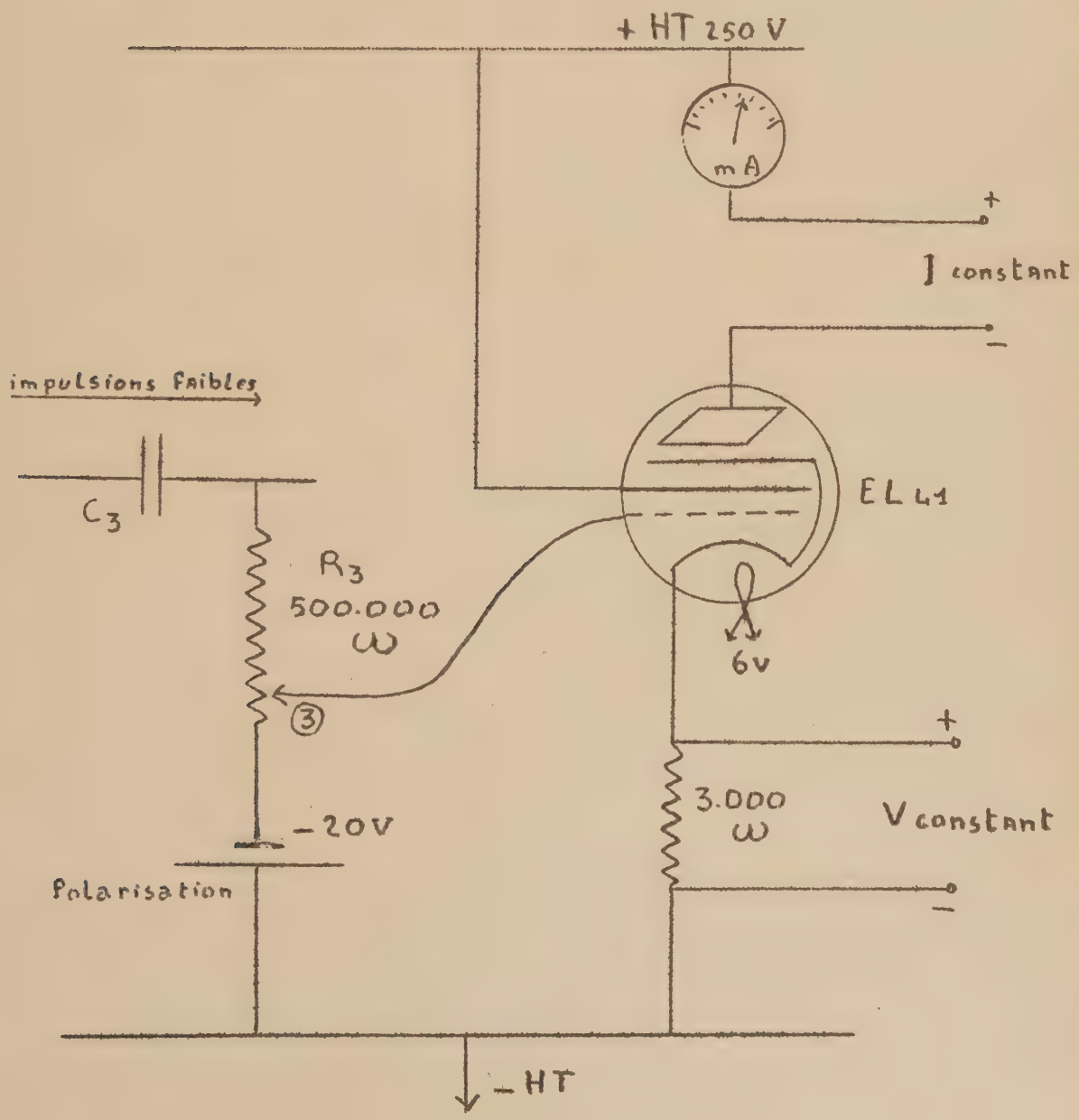
En outre,2 problèmes ont été à résoudre :

α) Stabilisation de l'intensité :

Pour faire passer dans le sujet, un courant stable dont l'intensité est indépendante des variations de l'impédance de l'organisme, il fallait mettre le patient en série avec une résistance très supérieure à la sienne.

Comme la résistance interne de la lampe est de 50.000 ω (ce qui est très grand par rapport à l'impédance du corps humain), le sujet a été placé en série sur le circuit plaque.

Il est alors à la haute tension par rapport à la masse, ce qui a imposé d'isoler très sérieusement celle-ci du chassis, pour éviter de graves accidents.



β) Elimination de la composante continue :

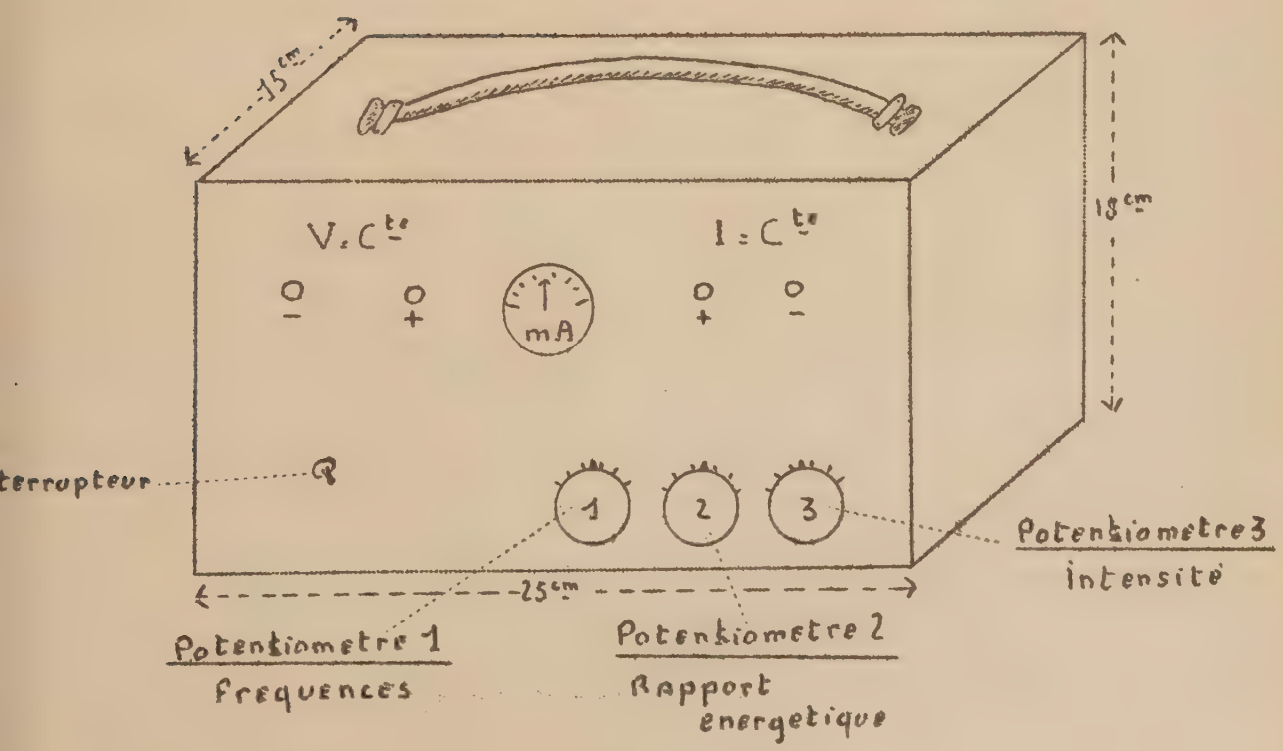
Lorsque le sujet est en série avec la plaque, il passe normalement dans le circuit un courant de 36mA. On l'élimine par une polarisation négative de la grille qui la fixe au cut-off (environ -6 V) Ceci peut-être réalisé par une alimentation grille autonome. Nous l'avons obtenu à l'aide de **piles.**

Ajoutons que le débit à travers le sujet est commandé à tout instant par le potentiomètre (3).

On connait l'intensité moyenne par simple lecture du milliampèremètre gradué de 0 à 10mA par fractions de 0,2mA.

Présentation de l'appareil

C'est un coffret de dimensions relativement réduites : 25 x 15 x 18 cm.



III:) CARACTERISTIQUES DU COURANT :

Comme nous l'avons exposé ci-dessus,nous utilisons la sortie à "Intensité Constante",c'est à dire indépendante de l'impédance du corps; mais,bien entendu,elle reste réglable à l'aide du potentiomètre (3) et peut varier de 0 à 10mA.

Pour Leduc,le courant doit avoir de 12 à 30 V. et de 2 à 10mA (moyens). Il est interrompu de 150 à 200 fois par seconde et passe le 1/10è du temps.

Perrin emploie des courants de 4 à 5 V.,4 à 5mA, interrompus 100 fois par seconde et passant aussi pendant le 1/10è du temps.

C'est ce dernier courant que nous employons aussi dans la plupart de nos expériences.
Le voltage a peu d'intérêt pour nous,il varie en gros entre 2 et 10 V.

IV:) ELECTRODES :

Elles sont semblables à celles utilisées en électrodiagnostic.

Une électrode indifférente - positive le plus souvent - de 10cm.sur 12,est formée d'un treillage métallique,entouré de coton hydrophile imbibé d'une solution aqueuse de chlorure de sodium à 9°/oo.

L'électrode active - négative - est appliquée au point moteur du nerf médian,au poignet.

Tous les auteurs les placent "sur le trajet du nerf". Au début de nos expériences,nous nous efforcions aussi de placer l'électrode indifférente sur le pli du coude,ce qui assurait souvent de bien mauvais contacts et des brûlures désagréables.Par la suite,nous l'avons placée directement sur la table,et le sujet laissait librement reposer sur elle,la face postérieure de son avant-bras.L'absence de liens et la possibilité pour le sujet de pouvoir interrompre lui-même l'expérience par un simple geste,le mettent en confiance et,s'il craint le courant,son appréhension est certainement diminuée.
Les résultats,dans cette disposition,sont exactement les mêmes qu'au pli du coude et le contact est bien meilleur.

T R A V A U X   P E R S O N N E L S

Avant de nous livrer à des mesures relativement précises, nous avons procédé sur d'autres personnes et surtout sur nous-même à des essais au cours desquels nous avons relaté quelques faits, qui nous ont paru dignes d'être mentionnés.

C'est pourquoi,nous diviserons notre travail en deux parties:

- tout d'abord,une <u>étude qualitative</u> , puis
- une seconde partie où nous exposerons notre méthode de mesure et les résultats obtenus,que nous nous efforcerons d'analyser à l'aide du calcul statistique.

-Dans toutes nos expériences,nous avons cherché à isoler au maximum les sujets du sol,afin de prévenir tout accident dû à un court-circuit dans l'appareil.

-Au tout début de notre étude,nous nous proposions d'augmenter les intensités de quantités égales dans des temps égaux (0,5mA toutes les 30 secondes).Mais nous nous sommes vite heurté à deux difficultés pratiquement insurmontables :

- la tolérance des sujets aux variations de courant,qu'il était impossible de forcer (apparition de contractures douloureuses,de sensation de brûlure,en particulier)
- la précision même des mesures de discrimination tactile qui obligeait souvent à prolonger l'intensité du moment.

Le retour était plus régulier,perturbé seulement par la précision des mesures de distances.

Ces difficultés pratiques nous ont contraint à n'augmenter l'intensité que de 0,5mA toutes les 40 à 50 secondes.

Chez les sujets sensibles au courant,la première expérience a été souvent beaucoup plus longue que les suivantes; cependant, la courbe de discrimination tactile et les seuils sont sensiblement les mêmes.Il est donc probable qu'une variation même assez importante du temps ne produit pas un effet notable sur le cours de l'expérience.C'est pourquoi,nous avons quelque peu négligé ce facteur en faveur de la sensibilité des sujets au courant et de la précision des mesures de discrimination.

I:) <u>ETUDE QUALITATIVE</u> :

Lorsque l'on établit le courant d'une manière progressive, le sujet ressent un fourmillement intense dans la région terminale du nerf excité.Au bout de 2 à 3 minutes,alors que

l'intensité est comprise entre 3 et 5mA,les doigts s'engourdissent peu à peu,ils semblent morts,bien qu'il soit encore possible de les remuer légèrement.

Nous étudierons plus loin beaucoup plus en détail,la sensibilité au tact et à la douleur.

Notons ici que la sensibilité profonde est très perturbée :

- une prise très douloureuse de Jiu-Jitsu sur les deux dernières phalanges passe inaperçue.
- on peut serrer l'ongle très fort (à la main)sans que le sujet s'en doute.
- il est possible aussi de serrer deux doigts très fortement l'un contre l'autre avec,par exemple un crayon entre les deux.

L'interruption brusque du courant fait apparaitre instantanément une douleur intolérable.

Nous avons essayé sur nous-même des pressions très brutales,telles que de serrer fortement l'extrémité d'un doigt dans une pince : à ce moment tout de même,on perçoit une forte sensation de chaleur à l'endroit pincé.

- Le sens de la position des doigts est totalement aboli, par contre :
- la chaleur est encore perçue.

L'anesthésie cesse brutalement après le passage du courant,mais il persiste dans le le membre pendant un certain nombre d'heures une très légère courbature,notamment dans la région du biceps et de l'épaule.Après quelques expériences la courbature ne survient plus.

Ajoutons que le doigt est relativement raide,qu'il est un peu décoloré mais surtout particulièrement froid.

En somme on note :

- une très forte diminution de la sensibilité profonde
- accompagnée de vaso-constriction.

2:) ESSAI DE MESURES :

Les faits que nous venons d'exposer,ne nous renseignent que très grossièrement sur l'éction inhibitrice,d'ailleurs certaine, du courant étudié. On peut même supposer qu'il s'agit d'un simple"effet de masque",que la douleur provoquée par le courant empêche de ressentir toute autre douleur.Il est donc nécessaire de se livrer à des mesures,mais lesquelles ?

Tout processus biologique comporte un grand nombre de variables. Il faut en choisir une ou deux, s'efforcer de les isoler au mieux, ce qui est loin d'être simple, et de deviner leur action dans l'ensemble. Dans le but d'isoler une ou deux de ces variables, nous avons imaginé la technique suivante :

Technique :

Le sujet, bien isolé du sol est assis, la main étendue sur une table en bois, la paume en l'air. L'électrode active est placée au point moteur du nerf médian, au poignet, où elle est maintenue par une bande élastique. L'électrode indifférente (positive) est placée le long de l'avant-bras.

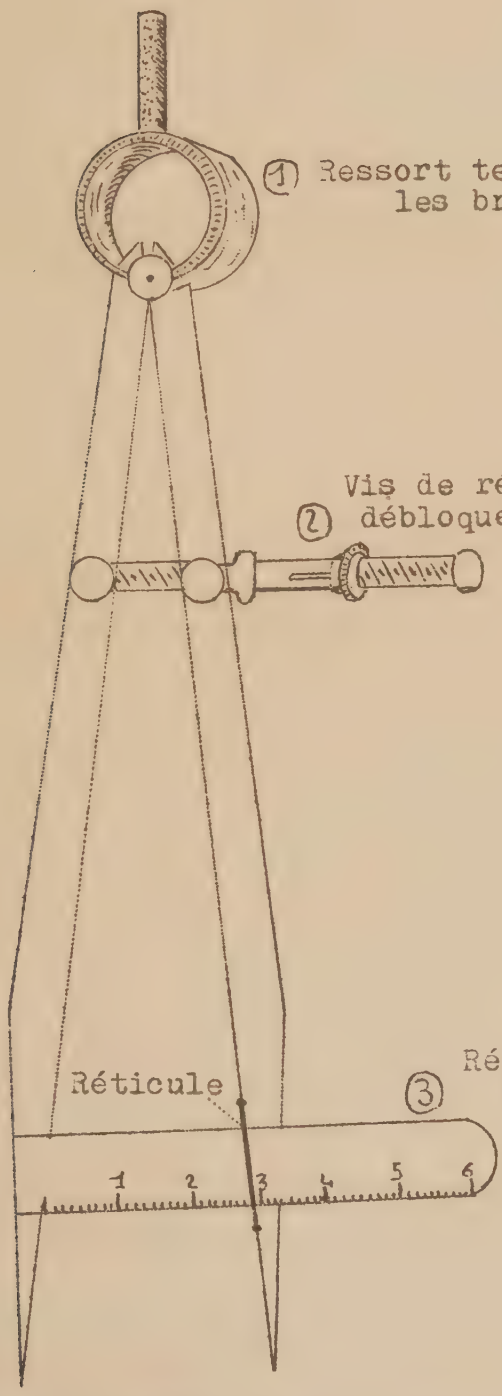
L'opérateur est assis de manière à ce que son épaule cache au patient ce qui se passe dans sa main. Pour plus de précautions on demande en outre au sujet de regarder le plus possible dans la direction opposée.

Le courant utilisé est toujours le même (impulsions rectangulaires de fréquence 100 par seconde, de durée 1/1000 ème de seconde) sauf dans quelques variantes.

Dans ces conditions, nous nous sommes efforcés, chez onze sujets pris au hasard, de mesurer dans la moitié externe de la paume de la main les intensités de courant pour lesquelles les deux sensations douloureuses provoquées par la pression, toujours la même, exercée, à intervalles réguliers, par les deux pointes d'un compas mensurateur, faisaient place à deux sensations tactiles. De même nous avons cherché à apprécier l'intensité, plus forte, pour laquelle le tact disparaissait à son tour, pour réapparaitre lorsque le courant décroissait et se transformer en douleur pour une intensité suffisamment faible. Ce sont, en fait, quatre seuils que nous avons cherché à déterminer chez nos onze sujets en effectuant trois expériences sur chacun;

Mais en outre une réglette graduée, soudée sur l'une des branches du compas permet de lire directement, en millimètres, l'écartement des pointes, si bien que nous pourrons, à chaque mesure des seuils (tous les 0,5mA), apprécier en même temps la distance minimum pour laquelle le patient éprouve encore, soit deux douleurs, soit deux piqures, soit deux sensations de pression

COMPAS MENSURATEUR
:-:-:-:-:-:-:-:-:-:-:



- Son poids est de 153,0 grammes,ce qui communique à chaque pointe une pression **très** approximative de :

$$\pi = \frac{P \text{ Kgs}}{S \text{ cm2}} \neq \frac{0,075}{0,001} = 75 \text{ Kg./cm2}$$

Cet instrument très simple permet cependant une assez grande précision : de 1 à 2 millimètres en moyenne.

Toutefois, pour les grands écartements, au dessus de 3,5cm, les résultats sont plus aléatoires, surtout pour les personnes à petites mains, car il est difficile de ne pas empiéter sur le territoire d'un nerf voisin non anesthésié.

Pour écarter tout risque de blessure, nous avons légèrement émoussé les pointes et de telle sorte que la sensation procurée par chacune d'elle soit identique à celle de l'autre.

Leur surface, appréciée par un horloger serait approximativement de : 0,3 x 0,3 = 0,09mm2 ≠≠ 1/10mm2

En résumé : nous cherchons avec l'aide de notre compas mensurateur, à établir pour chaque sujet :

- quatre quantités discontinues : les quatre seuils et
- une courbe d'allure continue : les variations de la discrimination tactile en fonction de l'intensité du courant.

Mais, avant de présenter les résultats de nos expériences, nous rappelons formellement que tous ces résultats, ces seuils et ces courbes ne sont valables exactement que pour la pression douloureuse, toujours semblable à elle-même, exercée à intervalles réguliers par notre compas mensurateur reposant verticalement sur la peau, et appuyant de tout son poids.

Cette pression constante est un repère et les termes mêmes d' "analgésie " et d' "anesthésie complète " lui seront étroitement liés dans toutes les expériences qui vont suivre, et n'auront de valeur certaine que relativement à elle.

Si toutefois, dans nos conclusions, nous nous permettons d'extrapoler les résultats, nous ne perdons jamais de vue qu'il s'agit d'une extrapolation.

Nous exposerons tout d'abord les résultats de nos expériences sur la discrimination tactile.

a) Discrimination tactile :

Dans une première série d'expériences partant sur onze sujets, à raison de trois expériences par sujet, nous opérons comme il a été dit, en augmentant progressivement l'intensité et en la diminuant de même. Sur ces onze sujets, nous étudierons exclusivement l'action des impulsions rectangulaires de fréquence 100 par seconde et

de rapport énergétique 1/10è.Cependant,pour compléter notre étude nous nous livrerons à quelques variantes avec des courants voisins,mais cette fois uniquement sur deux sujets.

Dans une deuxième série d'expériences,pratiquée uniquement sur un seul sujet avec les impulsions définies ci-dessus,nous augmenterons progressivement l'intensité,mais alors,à un niveau donné,au lieu de la diminuer,nous la maintiendrons constante pendant une longue durée.

Rappelons que toutes ces expériences seront réalisées sur le nerf médian.Que l'électrode active toujours négative (sauf dans une seule variante) est placée au point moteur du nerf médian au poignet, l'électrode indifférente étant située le long de l'avant-bras.

Rappelons surtout que tous les résultats obtenus ne sont valables qu'en fonction de notre compas mensurateur précédemment défini.

PREMIERE SERIE D'EXPERIENCES où l'on augmente et diminue progressivement l'intensité

a) Etude de l'action des impulsions rectangulaires de fréquence 100 par seconde et de durée 1/1000è de seconde.

Les résultats moyens de ces 33 expériences partant sur 11 sujets ont été condensés dans le tableau ci-contre.

Intensité (en µA)	Seuils de discrimination tactile (en cm.)											Moyenne
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
0 à 1	0,8	0,7	0,7	0,8	0,7	0,7	0,7	0,8	0,7	0,7	0,7	0,75
1,5	0,8	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	0,8	0,9	0,8	0,8	0,9	0,80
2	0,8	1	1,1	1,1	1,6	1,3	1,1	1,3	1	1,1	1,4	1,15
2,5	0,8	1,5	1,4	1,6	2,4	1,6	1,5	1,8	1,3	1,5	1,6	1,55
3	1,3	1,6	1,7	1,7	2,7	2,1	1,9	1,9	2,1	2,6	1,9	1,95
3,5	1,9	2,8	1,9	2,9	3,4	2,6	2,5	2,3	3	2,9 [2]	3,2	2,45
4	3,2 [1]	3,2 [1]	2,3 [2]	3,5	3,9	2,9	2,9	2,7		3,9 [2]	4 [1]	3,25
4,5				4 [2]	4,3	3,5	3,5	3				3,55
5							3,3 [2]					3,30

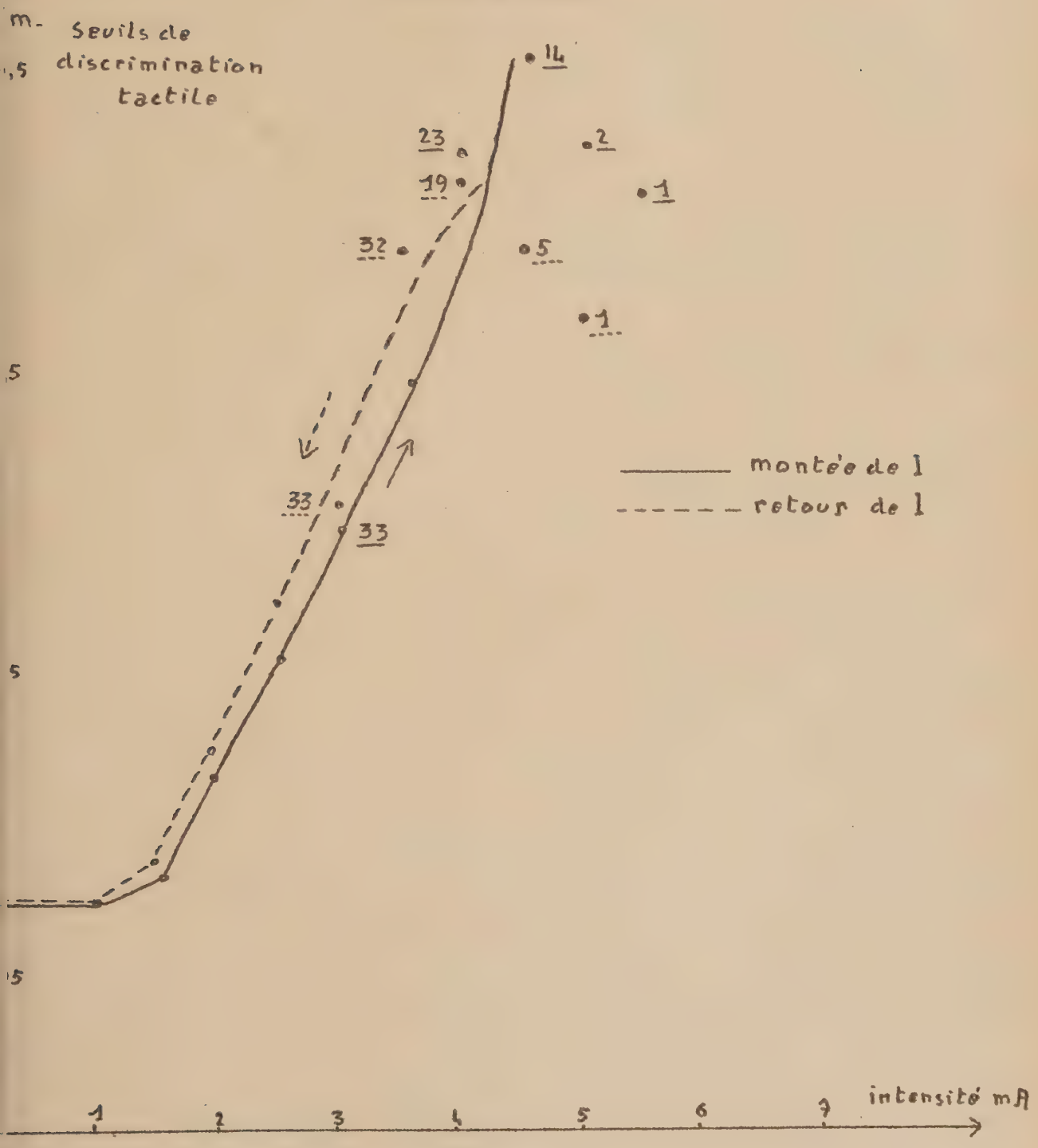
(voir suite de ce tableau page suivante)

(suite du tableau de la page précédente)

Intensité (en mA)	Seuils de discrimination tactile (en cm.)											Moyenne
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
5,5							3,1 [1]					3,10
5							2,7 [1]					2,70
4,5				4 [1]			2,6 [2]	2,7 [2]				2,90
4	3,5 [1]	3,2 [2]	3,3 [1]	3,5	3,4	4 [1]	2,3	2,7			3 [2]	3,10
3,5	3	2,8	2,7	3,3	2,5	3,7	2	2,3	3,4 [2]	3,4	2,7	2,80
3	1,9	2,3	2,5	2,5	2	2,6	1,6	1,8	3	2,4	1,7	2,00
2,5	1,4	1,3	2	2,3	1,8	2	1,3	1,5	2,4	1,7	1,3	1,70
2	1,1	1,2	1,4	1,5	1,2	1,5	0,9	1	1,3	1,4	1,1	1,25
1,5	0,9	1	1	0,9	0,8	0,9	0,8	0,9	0,8	0,9	0,8	0,90
1 à 0	0,8	0,7	0,7	0,8	0,7	0,7	0,7	0,8	0,7	0,7	0,7	0,75

:-:-:-:-:-:-:-:-:-:-:-:-:-:-:

- COURBE MOYENNE-



chiffres sur la courbe représentent le nombre d'expériences où les 2 pointes ont été perçues; c'est la somme des chiffres mis dans l'angle supérieur droit de certaines petites cases du tableau

Dans les cases où ce nombre n'a pas été placé,il est bien entendu que c'est 3 qu'il faudrait mettre.

L'examen de cette courbe nous permet de déduire :

1°) l'existence d'un seuil d'intensité : il faut que le courant soit supérieur à 1mA pour commencer à émousser la sensibilité tactile.

2°) les deux courbes sont pratiquement rectilignes à partir de 1,5mA jusqu'à 3,5mA c'est à dire au moment où 32 fois sur 33 le tact est encore présent.Cela signifie que la distance limite discriminée est pratiquement proportionnelle à l'excitant, à une constante près.Il pourrait toutefois s'agir d'une courbe quelconque à très grand rayon de courbure dans la région intéressée.

Au dessus de 3,5mA,la courbe ne traduit plus que les caractéristiques d'un petit nombre de sujets plus résistants.

3°) la courbe de retour est décalée du côté des intensités faibles,c'est à dire que,pendant le passage du courant,il persiste une légère action inhibitrice due au courant précédent. Cette action s'éteint pour I = 1mA. A plus forte raison elle ne persiste plus lorsque l'on arrête le courant.

4°) la réapparition de la sensibilité tactile après l'anesthésie se fait à une intensité plus basse que sa disparition. Résultats que nous retrouverons ci-après.

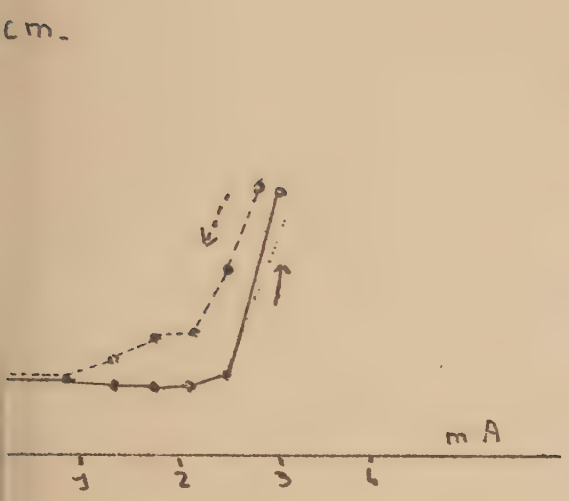
L'étude de cette courbe ne nous donne toutefois qu'une idée d'ensemble.Il est certains faits qu'elle ne peut traduire.

1) chez quelques sujets,la partie supérieure ébauche une inflexion vers la droite.Il nous semble possible que la courbe soit alors une branche parabolique de la forme $y = \sqrt{x}$ puisque l'on mesure par une distance des phénomènes qui,en réalité,se passent sur une surface .Nous n'osons toutefois rien affirmer de précis surtout que,pour les distances élevées, - au-dessus de 3,5cm. - la marge d'erreur devient très importante.

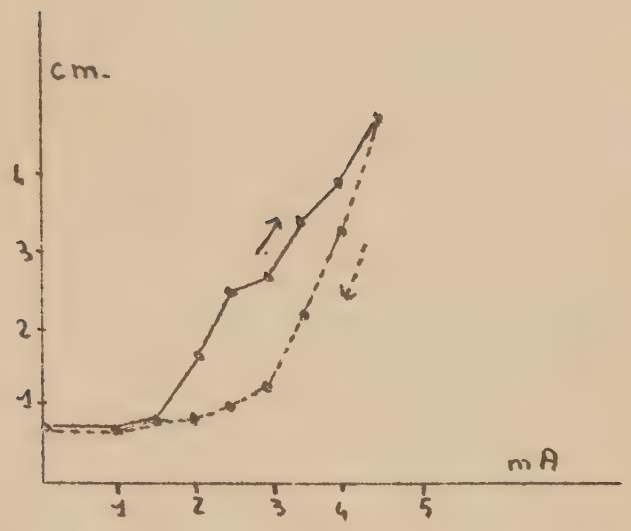
2) sur les 11 sujets,2 n'ont pas perdu la sensibilité au toucher et chez ces 2 sujets et ces 2 seulement,la courbe de retour est nettement décalée vers la droite par rapport à celle de la montée.

Par contre,chez les sujets les plus résistants au courant (un électricien),la courbe de retour est très décalée vers la gauche,et le sujet est très facilement anesthésiable.

Sujet (A):anesthésiable complètement
:-:-:-:-:-:-:-:



Sujet (E): non anesthésiable complètement
:-:-:-:-:-:-:-:-:-:



Précisons que cette distinction que nous établissons entre 2 catégories de sujets,n'est valable que pour le courant que nous utilisons.Nous montrerons au contraire,qu'avec une fréquence légèrement supérieure,le sujet E devient anesthésiable complètement à son tour.

Pour compléter notre étude,nous étions donc amené à faire quelques variantes.

b) Variantes :

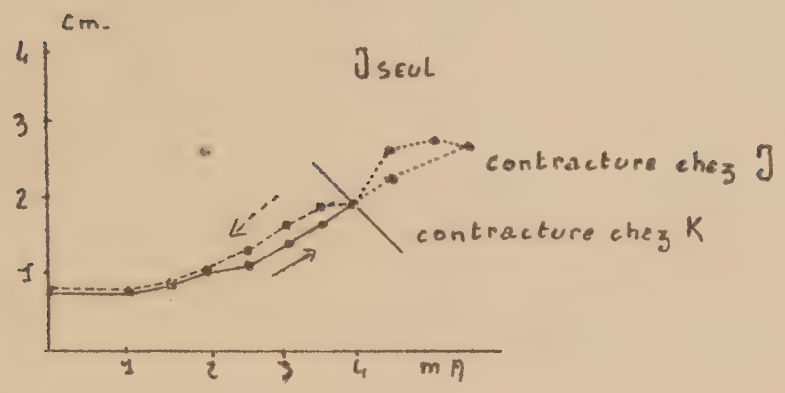
Elles ne sont plus pratiquées que sur deux sujets (J et K) dont les réactions se situent dans la moyenne.

(1) Fréquence 120 par seconde -

Les autres conditions sont identiques à celles des expériences précédentes.

Nous pratiquons 4 expériences (2 sur J et 2 sur K) et nous traçons la courbe moyenne ci-contre.

Courbe Moyenne



1) On n'obtient pas de disparition du toucner,à aucun moment, bien que la douleur disparaisse vers 3,25mA en moyenne.

2) La pente est nettement plus basse que pour la fréquence de 100 par seconde

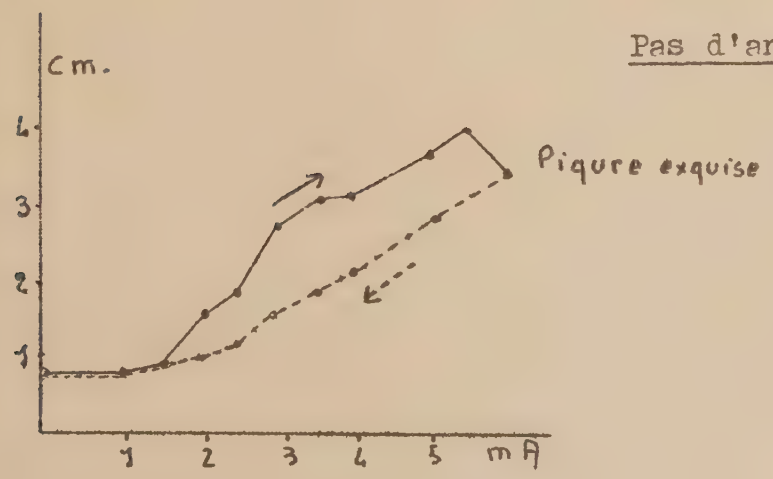
3) La sensation de fourmillement est moins intense,mais il apparait vite une contracture douloureuse.

(2) Fréquence 80 par seconde -

Les autres conditions ne sont pas changées;une seule expérience a été pratiquée (sur le sujet J) avec ce courant qui est de beaucoup le plus douloureux de tous ceux que nous avons employés.

Le sujet K a demandé l'arrêt vers 2,5mA -

Pas d'anesthésie complète



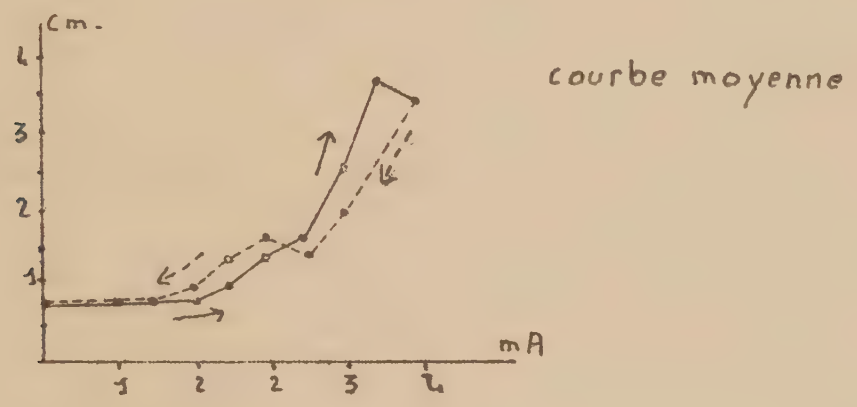
Aucune anesthésie n'a été obtenue. Au contraire, au dessus de 5mA, la sensation de piqûre devient nettement plus douloureuse et donne un peu l'impression d'une piqûre exquise.

Le même phénomène avait été signalé par les deux sujets non anesthésiables.

La courbe d'ailleurs se rapproche en tous points de la leur. A intensité égale, le sujet est plus sensible pendant le retour que lors de la montée.

(3) Durée de l'impulsion : 2/10è du temps.

Les autres conditions ne sont pas changées.



Deux expériences (sur le sujet J) sont pratiquées avec ce courant. Le fourmillement serait facilement supportable, s'il n'apparaissait une sensation de brûlure rapidement intolérable.

A aucun moment, la sensibilité à la douleur n'a vraiment disparu.

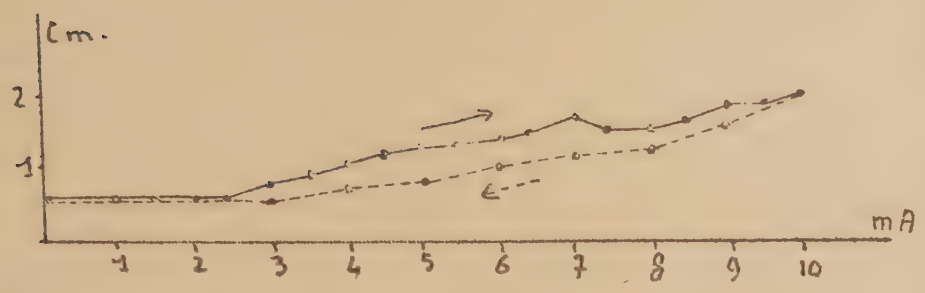
(4) Inversion des bornes :

L'électrode active, au poignet, est maintenant positive. Les autres conditions ne sont pas changées :

- fréquence de 100 par seconde,
- durée du passage : 1/10è du temps

Deux expériences sont pratiquées sur le sujet J et une sur le sujet K .

Sujet J - Première expérience



Sujet J - Première expérience :

Le courant est très facilement supportable.Nous n'avons été limité que par la tolérance de l'appareil de mesures que nous avons craint d'endommager.

La douleur ne disparait que vers 6mA pour réapparaitre à 5.

La perte du toucher n'a été constatée à aucun moment

Ajoutons que le seuil d'intensité est très élevé,que la pente moyenne de la courbe est très faible.Le sujet est encore plus sensible au retour.

- Deuxième expérience :

Après la première expérience,on constate que la peau,tout autour de l'électrode active,est mouillée.On pense alors que la densité du courant a pu être diminuée de ce fait.On sèche bien la peau et l'on recommence,sans attendre,la nouvelle expérience.

L'intensité est montée très vite,de 1mA toutes les 10 secondes,sans pratiquer de mesures.

A 10mA,le fourmillement est un peu plus intense que la première fois,mais,le seuil de discrimination tactile est le même : 2cm. Le compas provoque une sensation de piqûre exquise.

Sujet K -

La courbe est un peu différente,mais à 6,5mA,alors que la sensation douloureuse commençait à disparaitre,il survient une sensation de brûlure qui contraint à diminuer rapidement le courant.

A 6,5mA,les deux pointes sont encore perçues à 1,8cm.

Conclusion :

La différence d'efficacité entre les deux positions des électrodes est évidente. Aussi ces trois expériences,réalisées au début de notre étude,sont les seules à avoir été pratiquées avec cette disposition.Leduc avait déjà fait la remarque,puis Perrin et enfin Wild,de Lausanne; ce dernier en ce qui concerne les courants alternatifs redressés.

(5) Courants exponentiels :

Ces courants sont faciles à obtenir à partir de notre appareil.Il suffit de mettre une capacité en parallèle avec le sujet.

Nous ne nous sommes livrés à aucune mesure sur ces divers courants.Nous avons seulement constaté qu'ils sont moins douloureux que les courants de Leduc,et d'autant moins douloureux que leur pente est plus faible.On peut supporter facilelement de fortes intensités,et si l'on constate alors une diminution de la sensibilité à la douleur,par contre,nous n'avons jamais obtenu la perte du toucher. D'ailleurs,à aucun moment,nous n'avons ressenti cette impression de "doigt mort", si caractéristique avec les courants de Leduc.

CONCLUSION :

Il ressort de cette étude que les impulsions rectangulaires d'une fréquence voisine de 100 par seconde,et passant le 1/10è du temps,sont les plus efficaces pour inhiber la sensibilité à la douleur,et pratiquement les seules à faire disparaitre complètement toute sensation tactile,chez un grand nombre de sujets.Il ne faut pas oublier toutefois,que les variantes n'ont été étudiées que sur deux sujets.

DEUXIEME SERIE D'EXPERIENCES -

Nous employons toujours le même courant,et plaçons les électrodes toujours de la même manière.Les deux groupes d'expériences ne porteront que sur le sujet J,considéré comme ayant des réactions normales vis à vis du courant utilisé.Toutefois,ce sujet a subi déjà un certain nombre d'expériences et,à intensité égale,sa sensibilité tactile est nettement meilleure qu'au début,comme s'il s'était habitué au courant.

Dans ce chapitre,nous nous proposons d'examiner ce qui se passe lorsque l'on atteint - progressivement - une certaine intensité et qu'on s'y maintient pendant un long moment.Donc :

On augmente progressivement l'intensité et on la maintient constante

Ces expériences sont très longues,surtout qu'il faut laisser reposer le bras entre chacune d'elles,sauf pour les toutes premières,où nous sommes montés à 2,5mA sans interruption.On laisse environ une demi-heure d'intervalle avant de recommencer. On augmente régulièrement l'intensité de 0,5mA toutes les 40 secondes jusqu'au chiffre que l'on veut atteindre.Pour ne pas perdre de temps,nous opérons alternativement sur le bras droit et sur le bras gauche. Les résultats,bien sur,sont relevés séparément.

Bras droit : Discrimination tactile : distances en cm.

<- Temps en minute ->

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0,8 D													
0,8 D													
0,8 D													
0,9 D	0,8 D												
0,9 D	0,8 D												
1,2 D	0,9 D	0,8 D											
1,2 P	1,4 P	1,1 D	0,9 D	0,8 D									
1,4 S	1,8 P	1,5 P	1,1 D	0,9 D	0,9 D	0,9 D							
X	X	X	X	2,7 S	2,1 P	1,9 P	1,7 D P	1,5 P	1,7 S	1,6 P	1,6 S	1,5 P	1,7 P

La lettre D signifie : sensation douloureuse à la pression des pointes du compas -

La lettre S signifie : sensation de pression et)assimilées à
P " " : piqûre légère non douloureuse)des sensations
La lettre X " " : anesthésie complète)tactiles -

Nous avons tenu à donner les valeurs obtenues dans l'un au moins de nos deux groupes d'expériences.

Pour l'autre,nous tracerons cependant le réseau de courbes représentatives,car la comparaison des deux réseaux,fait ressortir une similitude indéniable.

Traçons donc le réseau de courbes relevées sur le bras droit.
(voir page 29 -)

La ressemblance de ces deux courbes est frappante.
Elles montrent que :

- pour les intensités faibles,de 1 à 2,5mA,le nerf récupère en 1 ou 2 minutes toute sa sensibilité.

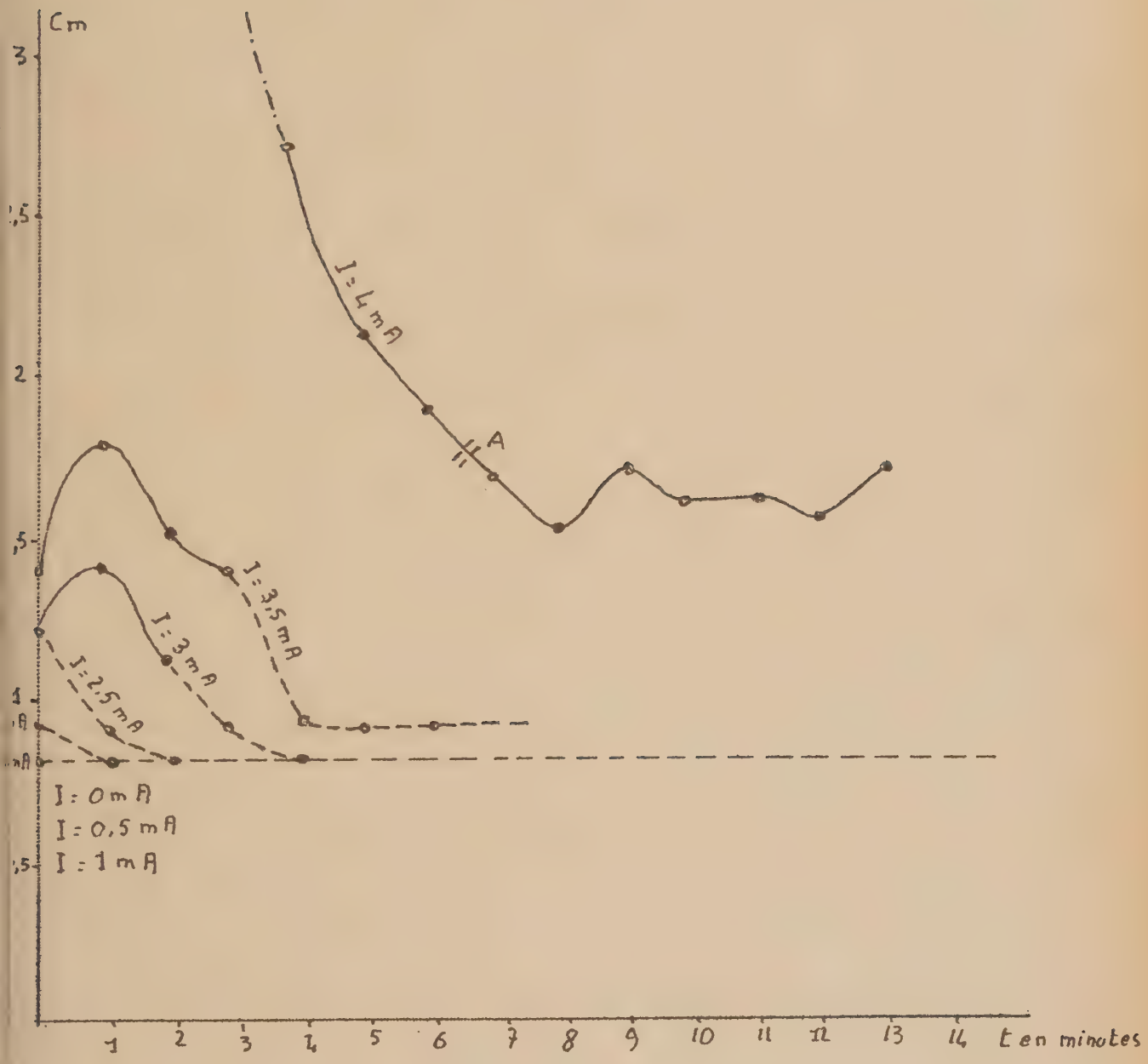
- pour les intensités fortes, supérieures ou égales à 4mA, l'anesthésie complète persiste de 3 à 4 minutes,puis le toucher revient et la discrimination tactile s'améliore assez régulièrement pour se stabiliser à une valeur relativement constante.

- mais,pour les intensités moyennes,la sensibilité continue à s'émousser pendant une minute au moins après la stabilisation du courant,puis se rapproche par la suite plus ou moins près de la normale.

Ce phénomène n'a malheureusement été mis en évidence que 4 fois,et sur le même sujet.Aussi nous garderons-nous bien de lui attribuer une portée générale.Nous sommes persuadé toutefois que s'il était confirmé par un grand nombre d'expériences,il pourrait rendre compte de la plupart des résultats que nous avons vérifiés et de ceux que nous allons déduire de nos calculs statistiques.

La présence de cette diminution passagère de sensibilité pourrait correspondre en effet au décalage vers la gauche de la plupart des courbes de sensibilité,lors de la diminution progressive du courant .Mais laissons-là ces hypothèses! Il convient à présent d'étudier les seuils de disparition et de réapparition des sensations douloureuses et du toucher.

MAIN DROITE
:-:-:-:-:-:

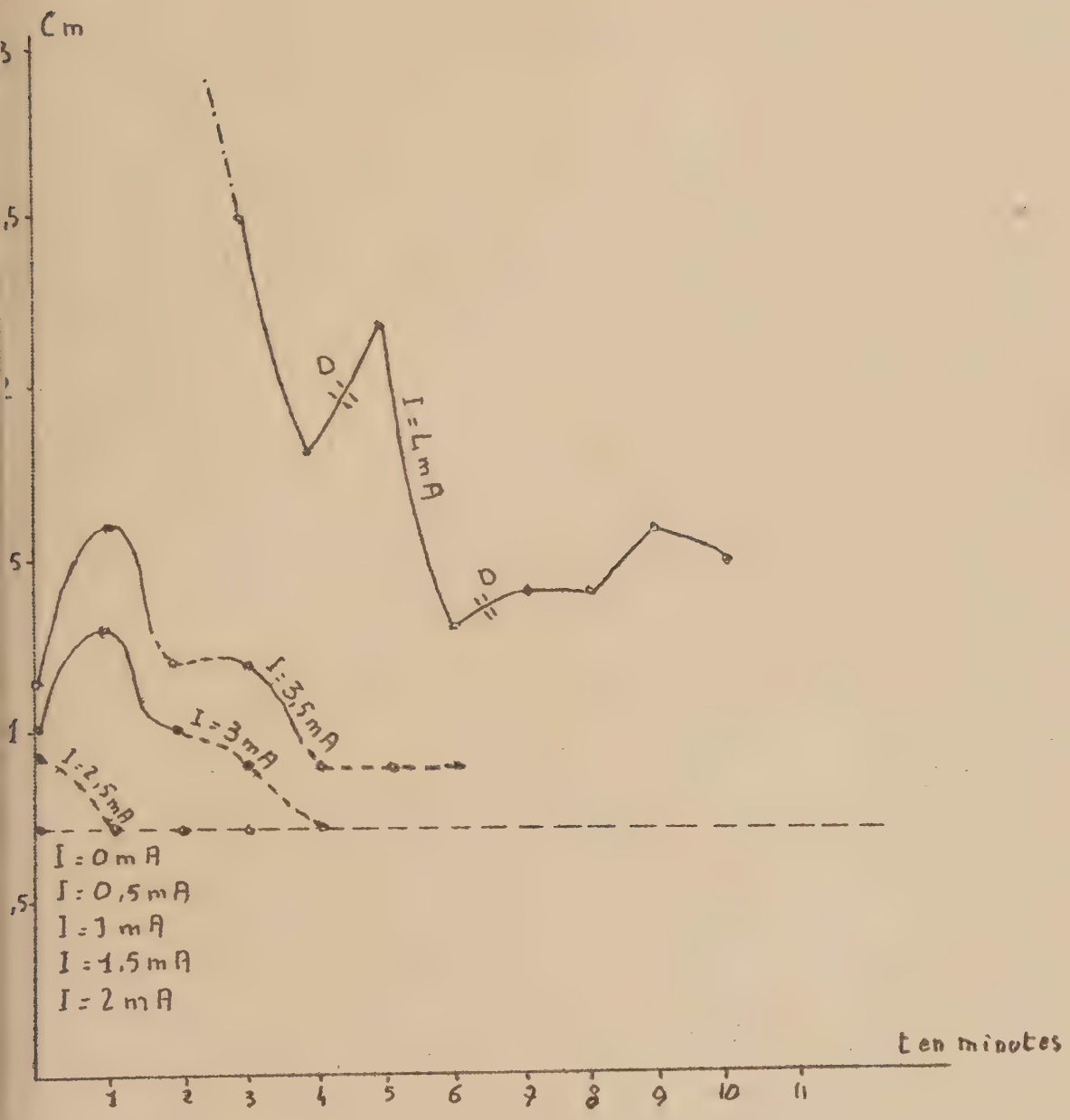


———— Sensibilité tactile

- - - - - - - Sensibilité douloureuse

-.-.-.-.- Anesthésie complète

MAIN GAUCHE
:-:-:-:-:-:



_____ Sensibilité tactile

_ _ _ _ _ _ Sensibilité douloureuse

_ . _ . _ . _ Anesthésie complète

b) Seuils de disparition et de réapparition de la douleur et du toucher.

Au cours de nos 33 expériences, sur les 11 sujets, nous avons relevé les résultats moyens suivants :

Sujets	Disparition de la douleur	Disparition du toucher	Réapparition du toucher	Réapparition de la douleur
I ou A	3,5mA	3,8mA	3,5mA	3
II - B	3,5	4	3,5	3,25
III - C	3,25	4	4	3,5
IV - D	3,25	4,75	4,25	3,25
V - E	2,5	----	----	2,25
VI - F	4	4,75	4	3,5
VII - G	2,75	----	----	3
III - H	3,75	4,75	4,5	4
IX - I	3	4	3,5	2,75
X - J	3,5	3,75	3,5	2,75
XI - K	3,25	4	4	3,25

E T U D E S T A T I S T I Q U E

:-:-:-:-:-:-:-:-:-:-:-:-:-:-:-:-:-:-:

Nous nous proposons d'étudier par le calcul statistique, les niveaux de disparition et réapparition de la douleur, de disparition et réapparition du tact, selon l'intensité du courant, au cours de nos expériences sur les onze sujets dont nous avons déjà parlé ci-dessus.

I:) ETUDE DE L'ANALGESIE :

a) Disparition de la douleur :

Les mesures sont effectuées sur 11 sujets différents, pris au hasard. Nous inscrirons dans le tableau suivant la moyenne de 3 mesures effectuées sur chaque sujet.

Valeur de I	Ecarts par rapport à la moyenne arithmétique : 3,30mA	Nombre de sujets	Calcul de la somme des écarts	Calcul de la somme des carrés des écarts
2,5	-0,80	1	-0,80x1 = -0,80	0,6400x1 = 0,6400
2,75	-0,55	1	-0,55x1 = -0,55	0,3025x1 = 0,3025
3	-0,30	1	-0,30x1 = -0,30	0,0900x1 = 0,0900
3,25	-0,05	3	-0,05x3 = -0,15	0,0025x3 = 0,0075
3,5	+0,20	3	+0,20x3 = +0,60	0,0400x3 = 0,1200
3,75	+0,45	1	+0,45x1 = +0,45	0,2025x1 = 0,2025
4	+0,70	1	+0,70x1 = +0,70	0,4900x1 = 0,4900
Total:		11	-1,80 +1,75 0,05	1,8525

La Moyenne arithmétique est ici :

$$\frac{\sum x}{N} = \bar{x} = \frac{36,25}{11} = 3,30$$

où : x est la quantité mesurée
: N est le nombre de mesures.

Une valeur plus exacte est 3,295, mais nous prendrons 3,30,

suffisamment approché pour la précision de nos mesures. Pour cette raison la somme algébrique des écarts n'est pas identiquement nulle.

L'écart moyen arithmétique : $\frac{\sum x - \bar{x}}{N}$ est ici de :

$$e_a = \frac{3,55}{11} = 0,323$$ (on compte tous les écarts avec le signe +)

C'est un indice de dispersion des mesures.

L'écart type nous est donné par la deuxième colonne :

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{N - 1}} = \sqrt{\frac{\sum 1,8525}{10}} = 0,450$$

et, par définition : σ^2 = variance

Nous prenons -N - 1 et non N car le nombre d'observations est réduit. Il y a, en effet, dispersion intérieure des mesures autour de la moyenne arithmétique, et dispersion de cette moyenne arthmétique autour de la moyenne exacte.

Dispersion intérieure : $\sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{N}}$

Dispersion de la moyenne ou écart type de la moyenne :

$$\frac{\sigma}{\sqrt{N}} = \frac{0,43}{\sqrt{11}} = 0,13$$

Les variances étant additives, $\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{N}$ constitue une estimation non pas de σ^2 **mais** de : $\sigma^2 - \frac{\sigma^2}{N}$. L'estimation réelle de σ^2 est donc : ($\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{N - 1} = 0,18525$

L'écart réduit est l'écart à la moyenne mesuré dans une unité égale à l'écart type :

$$t = \frac{x - \bar{x}}{\sigma}$$

Toutes ces estimations sont valables dans une distribution quelconque,non gaussienne.Il est difficile de dire,avec un nombre limité d'observations,si le seuil de disparition de la douleur est distribué suivant la loi de Gauss.
Nous observons cependant que le rapport :

$$\frac{e_a}{\sigma} = \frac{0,323}{0,43} = 0,75$$ n'est pas loin de 0,80,rapport $\frac{e_a}{\sigma}$ de la loi de Gauss.

Nous nous servirons cependant du "test t" de Student Fisher applicable aux petits échantillons.
La table de la "distribution de t" de Student Fisher permet, comme la loi de Gauss,de calculer la probabilité pour une valeur expérimentale t,prise en valeur absolue,soit atteinte ou dépassée du fait du hasard de l'échantillonnage.La "table de t" dépend du nombre des observations.

L'écart réduit de la moyenne $t = \frac{\bar{x}}{\sigma/\sqrt{N}} = \frac{3,30}{0,13} = 25,38$

La"table de t" pour N = 11,nous donne une probabilité infiniment faible pour que cet écart soit atteint ou dépassé.On a donc une quasi certitude que la moyenne arithmétique de notre échantillon est infiniment voisine de la moyenne exacte.

Pour N = 11,la table de t donne :

Probabilité	10%	5%	1%
t =	1,82	2,22	3,17

On voit donc que :

90% des sujets ont un seuil à la douleur compris entre :

4,10mA et	$3,30 + (1,82 \times \sigma) = 8,30 + 0,78 = 4,08$
2,50mA	$3,30 - 0,78 = 2,52$

95% des sujets ont un seuil compris entre :

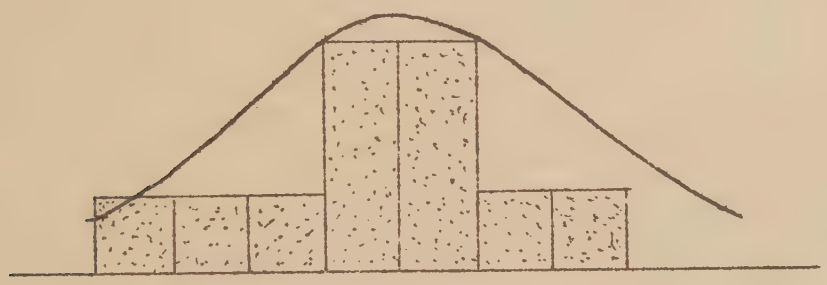
4,30mA et 2,30mA	$3,30 + 2,22\sigma = 3,30 + 0,95 = 4,25$ $3,30 - 0,95 = 2,35$

99% ont un seuil compris entre :

4,70mA et 1,90mA	$3,30 + (3,1x\sigma) = 3,30 + 1,36 = 4,66$ $3,30 - 1,36 = 1,94$

Nous arrondissons les chiffres,car 0,1mA représente la sensibilité maximum de l'appareil de lecture.

Diagramme des fréquences :



Il est vraisemblable qu'avec un plus grand nombre de mesures on obtiendrait la courbe en cloche d'une distribution gaussienne

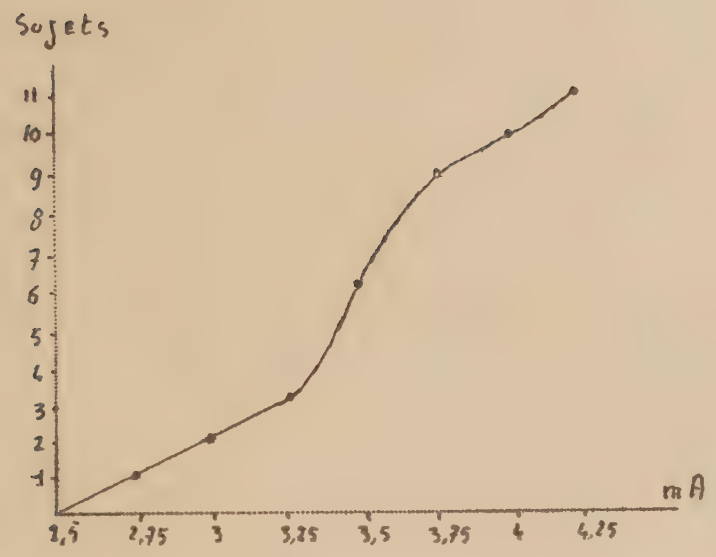
Diagramme intégral :

L'ordonnée de la courbe intégrale pour une abcisse x est égale à la somme des nombres de sujets dont le seuil est inférieur à x : F(x) est proportionnelle à l'aire déterminée par la courbe en gradins. Cette aire est en effet :

$$\sum_{0}^{x} N(x)\Delta x = F(x)\ \Delta x$$

Nous avons ici :

Seuil inférieur à :	2,5	2,75	3	3,25	3,50	3,75	4
Nombre de sujets :	0	1	2	3	6	9	10



b) Réapparition de la douleur :

sur les 11 sujets précédents :

Valeur de I	Ecarts par rapport à la moyenne 3,14	Nombre de sujets	Somme des écarts	Somme des carrés des écarts
2,25	- 0,89	1	- 0,89	0,7921x1 = 0,7921
2,50	- 0,64	0		
2,75	- 0,39	2	- 0,78	0,1521x2 = 0,3042
3	- 0,14	2	- 0,28	0,0196x2 = 0,0392
3,25	+ 0,11	3	+ 0,33	0,0121x3 = 0,0363
3,50	+ 0,36	2	+ 0,72	0,1296x2 = 0,2592
3,75	+ 0,61	0		
4	+ 0,86	1	+ 0,86	0,7396x1 = 0,7396
Total :		11	- 1,95 + 1,91 0,04	2,1706

Moyenne arithmétique = 3,14

On calcule de même que tout à l'heure :

Variance : $\sigma^2 = \frac{\sum (x - \bar{x})^2}{N - 1} = 0,21706$

Ecart type : $\sigma = \sqrt{0,21706} = 0,465$

Ecart type de la moyenne : $\frac{s_\sigma}{\sqrt{N}} = \frac{0,465}{\sqrt{11}} = 0,14$

Ecart réduit de la moyenne : $t = \frac{\bar{x}}{\sigma/\sqrt{N}} = \frac{3,14}{0,14} = 22,4$

Pour N = 11 la "table de t" nous dit que 3,14 est très près de la moyenne exacte. On voit que :

90% des sujets voient la douleur réapparaitre entre :

4mA et 2,30 mA	$3,14 \pm (1,82\sigma)$	3,99 et 2,29

95% entre :

4,20mA et 2,10mA	$3,14 \pm 2,22\sigma =$	4,17 et 2,11

99% entre :

4,70mA et 1,50mA	$3,14 \pm 3,1\sigma =$	4,62 et 1,56

Nous étudierons le diagramme des fréquences et le diagramme intégral en comparaison avec ceux de la douleur,

c) Comparaison des seuils de disparition et de réapparition de la douleur :

La courbe en cloche de retour est décalée vers la gauche, donc vers une diminution de I, sauf vers les grandes intensités.

(voir schéma page suivante)

Diagramme des fréquences :

———: disparition
- - - - - -: retour de la douleur

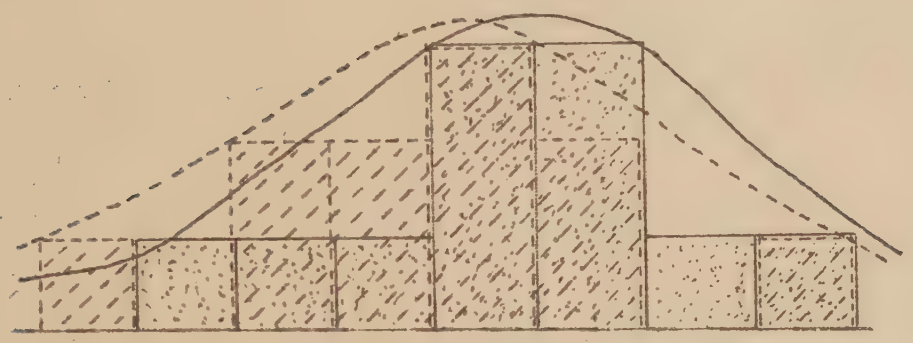
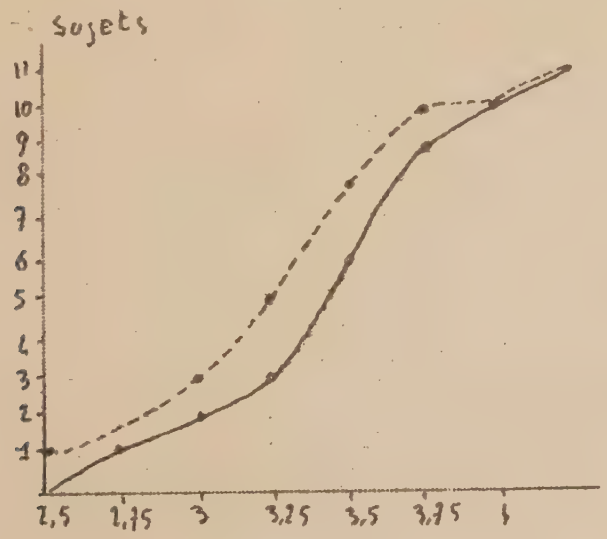


Diagramme intégral :

Retour de la douleur

Seuil inférieur à	2,25	2,5	2,75	3	3,25	3,50	3,75	4
Nombre de sujets	0	1	1	3	5	8	10	10



On voit nettement sur les deux diagrammes que :

- les intensités d'apparition et de disparition de la douleur ont une distribution analogue et sensiblement gaussienne.

- les courbes de retour de la douleur sont décalées vers les faibles intensités, c'est à dire qu'il y a un retard au retour de la douleur et persistance d'un certain degré d'analgésie, ceci, bien entendu, pendant le passage du courant.

II:) ETUDE DE L'ANESTHESIE LOCALE COMPLETE :

Nous tenons encore à préciser que cette anesthésie consiste en la perte totale de la sensation provoquée, sur la moitié externe de la paume de la main, par les deux pointes du compas mensurateur que nous avons précedemment décrit, alors que le compas repose de tout son poids sur ses pointes. Cette sensation est douloureuse pour le sujet non anesthésié. Le passage du courant progressivement croissant pendant quelques minutes transforme la douleur en sensation tactile. Avec l'aide du calcul statistique nous nous efforcerons d'étudier le seuil de disparition puis de réapparition de cette sensation tactile lorsqu'on augmente encore puis diminue l'intensité.

a) Disparition de la sensation tactile :

Parmi les 11 personnes ci-dessus, nous en avons trouvé 2 qui, après la perte de la sensation douloureuse à la piqure ont conservé la sensation tactile jusqu'à une intensité de courant que nous n'avons pu dépasser sous peine de provoquer des contractures intolérables.

La statistique suivante portera donc sur 9 personnes seulement.

Il ne faudra pas oublier que 18% des sujets ne perdent pas la sensibilité tactile.

Nous avons résumé nos mesures dans le tableau suivant :

Intensité	Ecarts	Nombre de sujets	Somme des écarts	Somme des carrés des écarts
3,75	- 0,45	2	- 0,90	0,2025x2 = 0,4050
4	- 0,20	4	- 0,80	0,0400x4 = 0,1600
4,25		0		
4,50		0		
4,75	+ 0,55	3	+ 1,75	0,3025x3 = 0,9075
Total :		9		1,4725

Moyenne arithmétique : 4,20

Ecart type : $\sqrt{\frac{1,4725}{8}} = 0,42$

Ecart type de la moyenne : $\frac{0,42}{\sqrt{9}} = 0,14$

La"table de t"pour N = 9 donne :

Probabilité	10%	5%	1%
t	1,88	2,29	3,33

Donc : 18% des sujets ne perdent pas la sensibilité tactile

73,8% (90% des anesthésiables) la perdent entre :

4,20 ± 0,80 $\boxed{\text{5mA et 3,40mA}}$

Pratiquement :

1% des sujets qui peuvent perdre la sensibilité tactile la conservent au dessus de 5,5mA :

limites : 4,20 ± 1,40 $\begin{cases} 5,60\text{mA} \\ 2,80\text{mA} \end{cases}$

Il est donc inutile de faire monter l'intensité au dessus de 5,5mA. En effet, 99% des sujets ne sentent plus la douleur après 4,75mA. Pour 5,5mA on a :

$$t = \frac{5,5 - 3,3}{0,43} = 5,11$$

et la "table de t" pour N = 11 donne une probabilité inférieure au t/100.000è pour qu'il n'y ait pas analgésie.

On voit que pour 5,5mA la disparition de la douleur est pratiquement constante. De plus 81% des sujets seront complètement insensibilisés tant à la douleur qu'au tact.

b) Retour de la sensibilité tactile :

Intensités	Ecarts	Sujets	Somme des Ecarts	Somme des carrés des écarts
3,5	- 0,36	4	- 1,44	0,1296x4 = 0,5184
3,75	- 0,11	0		
4	+ 0,14	3	+ 0,42	0,0196x3 = 0,0588
4,25	+ 0,39	1	+ 0,39	0,1521x1 = 0,1521
4,50	+ 0,64	1	+ 0,64	0,4096x1 = 0,4096
Total :		9		1,1389

Moyenne arithmétique : 3,86

Variance : $\sigma^2 = 0,14236$

Ecart type : $\sigma = \sqrt{\frac{1,1389}{8}} = 0,38$

Ecart type de la moyenne : $\frac{0,38}{\sqrt{9}} = 0,13$

Avec la "table de t" on déduit que :

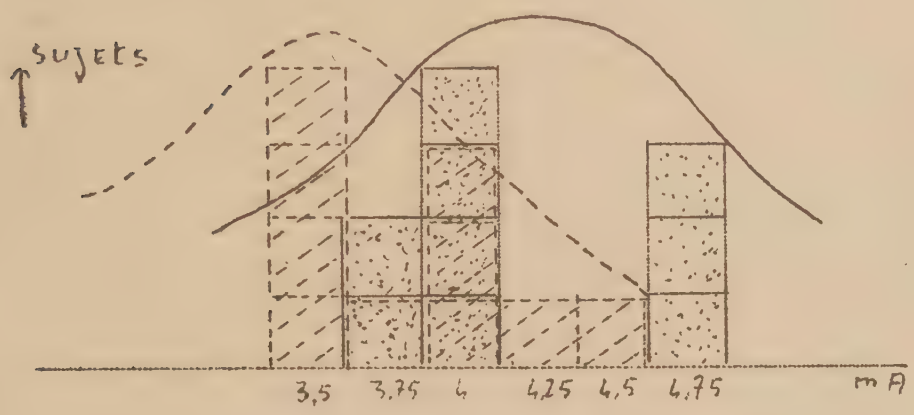
90% des sujets anesthésiables recouvrent le tact entre :

3,86 ± 0,71 soit entre : 4,60mA et : 3,10mA :

95% des sujets ont retrouvé le tact à 3mA; mais comme nous le montrons par ailleurs, la discrimination tactile est encore largement perturbée.

c) Comparaison des diagrammes :

Diagramme des fréquences :



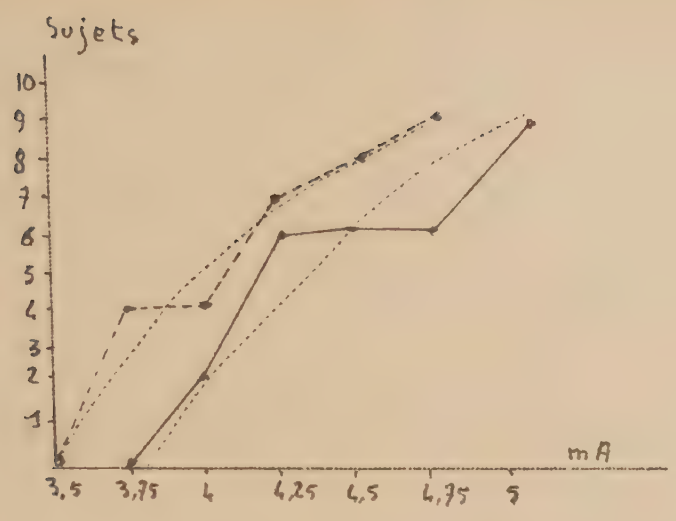
Il serait hors de propos de s'efforcer de tracer des courbes de Gauss avec 9 sujets seulement. On remarque toutefois comme pour la douleur, que la courbe de retour (---------) est décalée vers la gauche, soit vers les faibles intensités.

Diagrammes intégraux :

On les déduit des deux tableaux précédents. On voit encore que la courbe de retour est décalée vers les basses intensités.

Il persiste un certain engourdissement. Si les deux courbes portaient sur un grand nombre de sujets, on pourrait même déduire, avec leur aide, la durée de cet engourdissement dû en quelque sorte non au courant actuel mais au courant précédent plus intense.

Il suffit pour faire cette mesure, de mener une horizontale entre les deux courbes, ce qui donne une différence d'intensité. Si l'on fait varier régulièrement cette dernière dans le temps, il est facile de déduire le temps correspondant à la différence d'intensité donnée.



Dans le cas présent - au dessus de 3,5mA - l'engourdissement - que l'on pourrait appeler d' "hystérésis" - persisterait entre 20 et 40 secondes. La même remarque est valable pour les diagrammes de disparition et réapparition de la douleur.

EN RESUME :

L'interprétation statistique de nos expériences, limitées à 11 cas montre que :

- Au dessus de 4,75mA, 99% de tous les sujets ont perdu la sensation douloureuse.

- Au dessus de 5,5mA, 99% des sujets anesthésiables complètement, ont perdu la sensation tactile soit plus de 81% du total, puisque 18% conservent le toucher.

Il est donc pratiquement inutile de faire monter l'intensité au-dessus de 5,5mA .

- En général, le retour de la sensibilité douloureuse se fait à une intensité plus faible que sa perte. Il en est de même pour la sensibilité au tact.
- Au contraire pour les sujets chez lesquels la sensibilité au tact ne disparait pas, l'étude de la discrimination révèle une plus grande sensibilité pour les courants décroissants.

Toutefois,cette division des sujets en deux catégories ne nous semble pas satisfaisante.

Nous n'oublions pas,en effet que nous avons travaillé sur nos onze sujets avec un seul et même courant,mais que nous pouvons faire varier ses caractéristiques d'une infinité de manières.

C'est pourquoi,dans un petit nombre de "variantes",nous avons essayé - très sommairement - d'étudier l'action de quelques courants voisins.

La similitude entre le comportement d'un sujet "moyen" à la fréquence de 80/sec. et celui d'un sujet non complètement anesthésiable à la fréquence de 100/sec.,nous a incité à utiliser chez ce dernier une fréquence légèrement supérieure à 100,voisine de 120/seconde,et nous avons bien obtenu ainsi la perte totale de la sensation tactile provoquée par notre compas.

Il s'agit,bien sûr,d'une seule expérience,mais,tout de même,nous sommes très tenté d'établir une CONTINUITE ENTRE LES DIFFERENTS SUJETS,en faisant légèrement varier les caractéristiques du courant.

Il existe sans aucun doute,des bandes de fréquences efficaces (ou de durée des impulsions,ou de rapport énergétique...) Ces bandes,variables d'un sujet à l'autre,seraient relativement étroites en ce qui concerne l'inhibition de la sensibilité tactile. Elles seraient beaucoup plus larges pour l'inhibition de la douleur.

L'existence de ces bandes,nous fait penser,que si l'analgésie et l'anesthésie sont dûes,peut-être en partie,à un phénomène de "masque",il existe certainement aussi d'autres causes. D'autant plus que les courants les plus douloureux ne sont pas les plus efficaces.

S'agit-il d'une saturation des influx,ou bien d'une neutralisation,ou de tout autre processus ? le problème reste ouvert.Il serait peut-être possible de le résoudre avec un puissant amplificateur differentiel.

Bien que le phénomène n'ait été constaté que quatre fois - et sur le même sujet - nous sommes tenté d'accorder aussi

une certaine importance à cette augmentation passagère du seuil de discrimination tactile après la stabilisation de l'intensité.

Si le même phénomène était retrouvé sur un grand nombre de sujets, pour un courant donné, il est évident qu'il traduirait une facilitation à atteindre - avec ce même courant - la perte totale du toucher.

Il serait intéressant de constater que, lorsque l'anesthésie n'a pas lieu, ce phénomène de retard est probablement peu marqué ou n'existe pas.

Sa présence la isserait entrevoir en outre pourquoi une variation de 15 ou même de 30 secondes sur la durée des paliers d'intensité, lors de l'augmentation progressive du courant, modifie très peu l'allure de l'anesthésie.

Elle expliquerait encore le décalage vers la gauche de la plupart des courbes de sensibilité lors de la diminution progressive du courant.

En somme, nous avons procédé à quelques mesures, nous avons fait quelques constatations; mais, au cours même de l'élaboration de notre travail, nous en avons aperçu de plus en plus les limites, alors que le champ d'investigations, dans le domaine des impulsions, nous apparaissait de plus en plus vaste.

:-:-:-:-:-:-:-:-:

C O N C L U S I O N S

:-:-:-:-:-:-:-:-:-:-:-:

L'étude statistique des effets des impulsions rectangulaires de fréquence cent par seconde, de durée un millième de seconde et d'intensité inférieure à cinq ou six milliampères, appliquées sur le trajet d'un nerf sensitif, permet d'affirmer qu'elles procurent, dans le territoire de ce nerf, et lorsqu'on augmente progressivement l'intensité du courant :

- d'abord une disparition de la douleur chez tous les sujets observés,
- puis, en deux à cinq minutes, une inhibition totale de la sensibilité tactile, accompagnée d'une forte inhibition motrice et d'une diminution considérable de la sensibilité profonde. Le tact cependant, ne disparait pas chez un tout petit nombre de personnes. Cette inhibition cesse complètement lorsqu'on coupe le courant.

Par la mesure de la discrimination tactile, nous avons constaté que, pendant la diminution progressive du courant, la plupart des sujets sont, à intensité égale, moins sensibles qu'à la montée, alors que ceux qui conservent le sens du toucher voient au contraire leur sensibilité accrue. Parmi ces derniers, ceux que nous avons observés se comportent vis à vis de la fréquence de cent par seconde comme un sujet moyen vis à vis de la fréquence quatre vingt. Il est nécessaire, pour obtenir chez eux une anesthésie locale complète, d'utiliser une fréquence plus élevée, voisine de cent vingt par seconde.

Il nous semble donc possible d'affirmer que l'anesthésie, dûe peut-être en partie à un phénomène " de masque ", dépend certainement aussi d'une autre cause. En effet :

1°) les courants les plus douloureux ne sont pas les plus actifs.

2°) il existe pour chaque sujet une zone étroite de fréquences efficaces. Celles-ci joueraient donc un rôle important.

D'autre part, si l'on augmente progressivement le courant jusqu'à une intensité - de valeur moyenne -, que l'on maintiendra constante, on observe dès lors que la discrimination tactile continue de s'affaiblir pendant une minute environ, avant de se rapprocher lentement de la normale. Ce phénomène nous a paru digne d'être mentionné.

APPLICATIONS PRATIQUES :

Une telle anesthésie conviendrait particulièrement en petite chirurgie pour les interventions de courte durée comme une incision de panaris ou d'abcès,mais surtout en Electrologie pour certains actes douloureux comme l'électro-coagulation.

SES AVANTAGES : sur les anesthésiques chimiques locaux sont de trois ordres :

- sa toxicité est nulle,
- à tout moment,elle peut-être contrôlée et dosée dans ses effets.On peut même,en cas de besoin,la faire cesser instantanément.
- enfin,elle évite le traumatisme de la piqure.

:-:-:-:-:-:-:-:-:-:-:-:-:

B I B L I O G R A P H I E

:-:-:-:-:-:-:-:-:-:-:-:-:-:

Bernard P - Bulletin de la Société française d'Electrothérapie et de Radiologie.

1 - nov.1933 : Valeur thérapeutique des courants de basse fréquence.

2 - déc.1933 : Précisions sur l'emploi thérapeutique des courants à basse fréquence.

3 - juin 1938 : Le courant diadynamique

4 - La thérapie diadynamique (Ed.Naïum Paris 1950)

5- Brillouin.L.- Notions de mathématiques - 1947 -(Ed.Masson) Calcul des probabilités et statistique:p.249 à 279 -

6- Chrétien.L.- Théorie et pratique de la radioélectricité (E.Chiron.Ed.)

Foveau de Courmelles : Revue de Pathologie comparée.

7 - mars 1933 : Anesthésie électrique et contracture

8 - déc.1932 : Anesthésie électrique

9- Hertz - Revue de Pathologie comparée et d'Hygiène générale 1933: p.385 : L'anesthésie électrique existe-t-elle ?

Leduc,Stéphane - Académie des Sciences :

10- Scéance du 21 Juillet 1902 p.199

11- Scéance du 17 nov.1902 p.878

- 12 Annales d'Electro-biologie sept.oct 1902 p.527 -

- 13 Société biologique 22 nov.1902 -

Le GÔ.P. - Bulletin mensuel de la Société d'Electrothérapie et de Radiologie Médicales de France.

14 - 1936 : 24 /711

15 - 1937 : 25 /666 Action analgésique des courants de basse fréquence.

Mouillerac.H. - 16 - La technique des impulsions-"Electronique" n° 39 et 42

Neegard - 17 - Archiv fiu klinische Chirurgie - 1922 - vol.122 - Cahier I -

Perrin.D. - 18 - Contribution à l'étude de l'anesthésie par les courants électriques intermittents de basse tension - Thèse Vétérinaire de Lyon -Juin 1943 -

Presle.L. - 19 - Le courant diadynamique - Thèse Strasbourg 1943 -

Prolest - 20 - Revue médicale de la Suisse Romande n° 5 mai 1950 - L'emploi thérapeutique de certains courants électriques à basse fréquence dits courants diadynamiques -

Sauvé,Montgomery,Bom epard - 21 - Bulletin de la Société de Chirurgie 1933 p.469 : Au sujet de l'anesthésie électrique -

Strohl.A.- 22 - Précis de Physique médicale - 1948 : Narcose électrique p.477 - Effets sédatifs de l'électricité p.521

Thompson IM et Inmane VI - 23 - Science NY I/216/1933

" " " " " " 24 - " " " II/268/1933

Vessereau.A. - 25 - La Statistique - Collection "Que sais-je"? n° 281

Wild.C. - 26 - Action analgésique des courants de basse fréquence - Thèse Lausanne 1951 -

Zimmern - 27 - Revue de Pathologie comparée 1933 : A propos de l'anesthésie électrique

Zimmern et Di mier - Société de Biologie -

28 - n°21 du 19 juin 1903

29 - n°24 du 10 juillet 1903

:-:-:-:-:-:-:-:-:-:-:-:-:

TABLE DES MATIERES

	Pages
AVANT-PROPOS	1
PRODUCTION DU COURANT................................	3
I) Sources du courant................................	3
II) Production des impulsions........................	3
ETUDE DE NOTRE APPAREIL........	4
III) Caractéristiques du courant.....................	11
IV) Electrodes.......................................	11
TRAVAUX PERSONNELS...................................	12
I) Etude qualitative.................................	12
II) Essai de mesures.................................	13
a) Discrimination tactile................	16
b) Seuils de disparition et de réapparition de la douleur et du toucher........	31
ETUDE STATISTIQUE.............	32
CONCLUSIONS	46
BIBLIOGRAPHIE..	48
TABLE des MATIERES...................................	50

VU :

Le Président de Thèse :

A.STROHL

VU :

Le Doyen de la Faculté de Médecine

Léon BINET

Vu et permis d'imprimer

Le Recteur de l'Académie de Paris :

J.SARRAILH.